

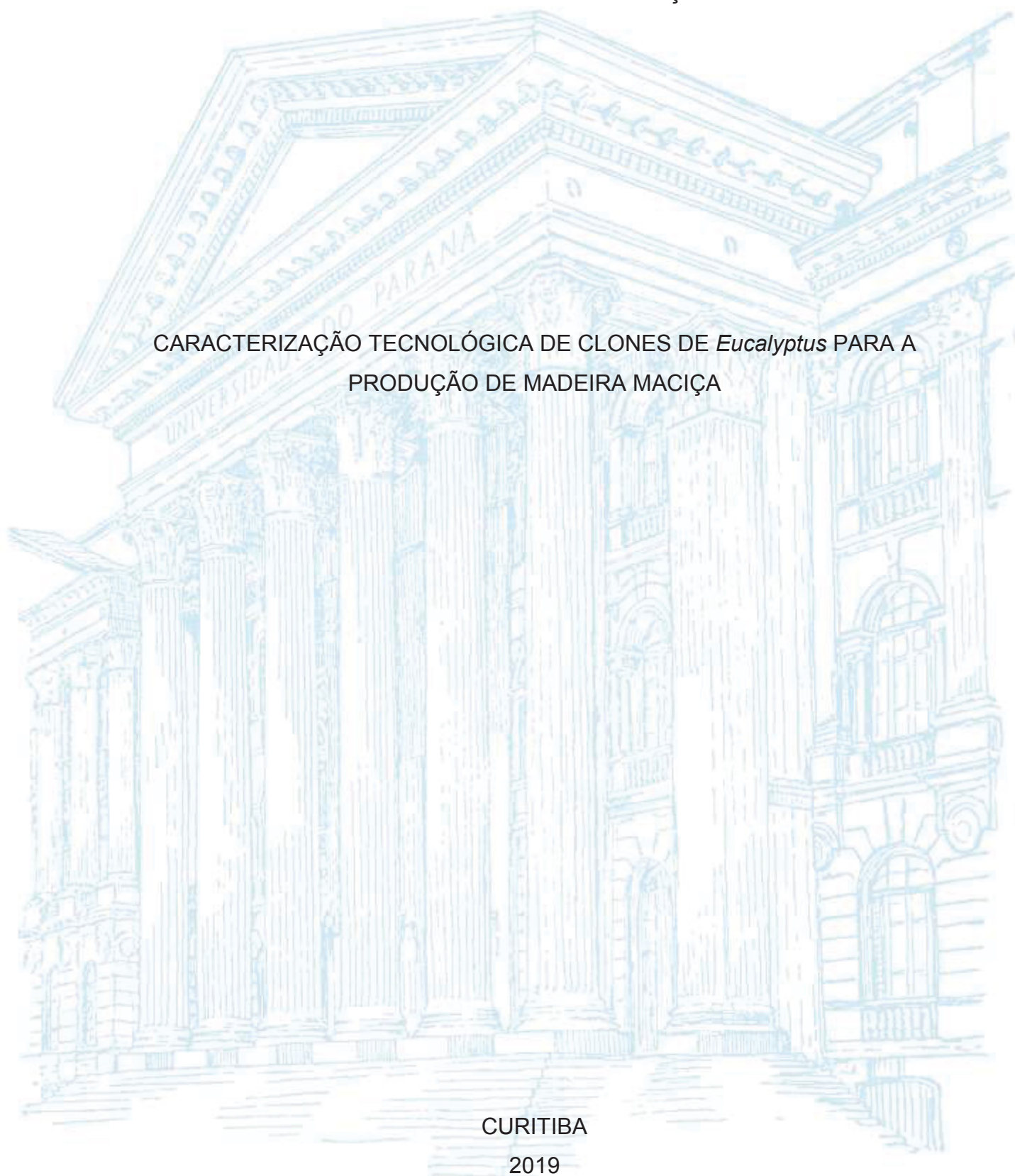
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MORGANA CRISTINA FRANÇA

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA A
PRODUÇÃO DE MADEIRA MACIÇA

CURITIBA

2019



MORGANA CRISTINA FRANÇA

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA A
PRODUÇÃO DE MADEIRA MACIÇA

Tese apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Coorientador: Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

CURITIBA

2019

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

França, Morgana Cristina

Caracterização tecnológica de clones de *Eucalyptus* para a produção de madeira maciça / Morgana Cristina França. – Curitiba, 2019.
111 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 27/05/2019.

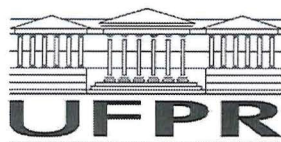
Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira - Qualidade. 2. Madeira serrada. 3. Eucalipto - Melhoramento genético. 4. Processamento da madeira. 5. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. II. Klitzke, Ricardo Jorge. III. Silva, José Reinaldo Moreira da. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.851

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MORGANA CRISTINA FRANÇA** intitulada: **CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE CLONES DE *Eucalyptus* PARA A PRODUÇÃO DE MADEIRA MACIÇA**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 27 de Maio de 2019.



MÁRCIO PEREIRA DA ROCHA
Presidente da Banca Examinadora



PEDRO HENRIQUE GONZALEZ DE CADEMARTORI
Avaliador Interno (UFPR)



THIAGO CAMPOS MONTEIRO
Avaliador Interno (UFPR)



RAQUEL MARCHESAN
Avaliador Externo (UFT)



ALEXSANDRO BAYESTORFF DA CUNHA
Avaliador Externo (UDESC)

Ao meu pai Hélio José França, a minha mãe Marciane Luckmann França, a minha irmã Bruna Gabriela França e ao meu marido Leonardo Candil Boschette, Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder toda a força necessária.

A CAPES pela concessão da bolsa e a UFPR por proporcionar a realização desse doutorado.

Agradeço ao professor Dr. Márcio Pereira da Rocha pela orientação, paciência e amizade durante todo este período.

Aos professores Dr. Ricardo Jorge Klitzke e Dr. José Reinaldo Moreira da Silva, pela coorientação e todos ensinamentos.

Aos professores membros da banca de avaliação Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha, Dra. Raquel Marchesan, Dr. Pedro Henrique Cademartori e Dr. Thiago Monteiro, pela disponibilidade e ricas sugestões.

As empresas International Paper e Arborgen Tecnologia Florestal, em especial a Ana Gabriela Monnerat Carvalho Bassa e ao José Luiz Ferraresso Conti Junior, pelo fornecimento dos clones e todo o suporte necessário para a coleta e transporte do material e realização do trabalho.

Agradeço também a Madeiras GP pelo desdobro das toras.

Ao Sr. Gilberto e ao Mauro, técnicos do laboratório de usinagem da UFPR, pela confecção dos corpos de prova para as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Aos professores Dr. José Guilherme Prata e Dr. Jorge Mattos, a técnica Mariuci Torres e aos doutorandos Vinícius R. Schweitzer e Angela Stupp, pelo auxílio na realização dos ensaios de propriedades físicas e mecânicas da madeira no Laboratório de Tecnologia da Madeira da UFPR.

Ao Heber Dutra Macedo, técnico do Laboratório de Usinagem da Madeira, da Universidade Federal de Lavras – UFLA, pelo auxílio na confecção dos corpos de prova para a simulação de piso em serviço e *sunset laser*.

A professora Dra. Anna Carolina de Almeida Andrade por toda a ajuda e estadia durante a realização dos ensaios na UFLA, além da eterna amizade.

Agradeço também a Mônica Oliveira, por passar todo o seu conhecimento sobre a simulação de piso em serviço, além, de ajudar na realização dos ensaios na UFLA.

A colega e amiga Bruna Verediana Muller, por toda a amizade e auxílio durante a coleta dos dados e desenvolvimento da tese.

Ao todos os integrantes do Laboratório de Secagem da Madeira da UFPR.

Aos meus pais Hélio José França e Marciane Luckmann França e a minha irmã Bruna Gabriela França, por todo apoio, amor e compreensão desde o início dessa jornada.

Ao meu marido Leonardo Candil Boschette por todo amor, paciência, incentivo e companheirismo.

A toda família Candil Boschette por serem a minha segunda família e sempre me apoiarem.

Muito obrigada!

RESUMO

O objetivo foi caracterizar tecnologicamente a madeira de cinco clones de *Eucalyptus*, para a produção de madeira maciça. Foram selecionados três híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (clones 1, 3 e 5), um *Eucalyptus grandis* (clone 4) e um *Eucalyptus urophylla* (clone 2), com 10 anos de idade. De cada clone foram selecionadas cinco árvores, retirando três toras a partir da base com 2,5 m, 2,0 m e 2,0 m e quatro discos em quatro posições (base, 2,5 m, 4,5 m e 6,5 m). Os discos foram utilizados para determinar a porcentagem de cerne e densidade básica. Da primeira tora foram determinadas as propriedades mecânicas e densidade aparente. Foi avaliado também o índice de rachadura nas toras. As toras foram desdobradas, pelo sistema tangencial, em peças de madeira serrada que passaram pela pré secagem ao ar livre e em câmara até 10% de umidade. Foi feito então a avaliação quantitativa pelo rendimento e qualitativa pelos defeitos. E ainda foram feitos ensaios de simulação de piso em serviço e o ensaio da qualidade de superfície pela técnica do *sunset laser*. Os resultados para as propriedades físicas apontaram que o clone 2 apresentou os maiores valores para a densidade básica ($0,595 \text{ g.cm}^{-3}$) e aparente ($0,684 \text{ g.cm}^{-3}$) e quanto a retração da madeira os clones 1 e 3 apresentaram os melhores valores médios, com retração volumétrica de 12,15 e 12,85%, respectivamente. Para as propriedades mecânicas, os clone 2 e 4, apresentaram os melhores valores médios para todos os ensaios. A porcentagem de cerne variou de 58,84 a 70,47%, para os clones 5 e 1, respectivamente. O índice de rachadura das toras foi baixo, variando de 0,20 (clones 3 e 5) a 0,70% (clone 1). O clone 4 apresentou o maior rendimento bruto no estado verde (51,91%) e seco (49,46%) e para o rendimento líquido verde (46,93%) e seco (42,96%). Os empenamentos após o desdobro e após a secagem foram leves, tendo o arqueamento variado de 0,35 mm/m (verde – clone 2) a 4,34 mm/m (seco – clone 3) e o encurvamento de 1,46 mm/m (verde – clone 1) a 7,69 mm/m (seco – clone 5). Em relação ao índice de rachadura das tábuas o clone 3 apresentou os menores valores, de 7,13% verde e 9,34% seco. Nos ensaios de simulação de piso em serviço os clones apresentaram-se pouco resistentes, porém o clone 2 pode ser indicado para produção de pisos de baixo trânsito. Para a análise o *sunset laser*, os clones demonstraram elevada porcentagem de área de defeito variando de 14,53 a 21,01% para os clones 2 e 4, respectivamente. Para a determinação do melhor clone, as tabelas de ponderação, indicaram o clone 2 como o melhor. Todos os clones avaliados apresentaram resultados satisfatórios para a qualidade das toras e da madeira serrada, além de bons resultados para as análises físicas, mecânicas e rendimento em madeira serrada, podendo ser utilizados como madeira maciça e indicar os clones 1 e 3 para moldura e móveis e o clone 2 para piso.

Palavras-chave: Qualidade da madeira. Qualidade da superfície. Beneficiamento da madeira. Produtos de maior valor agregado.

ABSTRACT

The objective was to characterize technologically wood of five clones of *Eucalyptus* for the solid wood production. Three hybrids were selected from *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (clones 1, 3 and 5), one *Eucalyptus grandis* (clone 4) and one *Eucalyptus urophylla* (clone 2), 10 years old. For each clone five trees were selected, removing three logs from the base with 2.5 m, 2.0 m and 2.0 m and four disks in four positions (base, 2.5 m, 4.5 m and 6.5 m). The disks were used to determine the percentage of heartwood and basic density. Of the first log certain mechanical properties and apparent density were determined. It was also evaluated the index of cracks in the logs. The logs were unfolded, by tangential system, in parts of sawn wood which passed through the pre drying in the open air and in chamber until 10% of moisture. Then, quantitative evaluation was performed by the yield and quality by the flaws. And simulation assays were performed in service floor and the surface quality assay by the sunset laser technique. The results for the physical properties indicated that clone 2 showed the highest values for the basic (0.595 g.cm⁻¹) and apparent density (0.684 g.cm⁻¹) and regarding the wood shrinkage wood clones 1 and 3 showed the best average values, with volumetric shrinkage of 12.15 and 12.85%, respectively. For the mechanical properties, the clones 2 and 4, had the best average values for all the assays. The percentage of heartwood ranged from 58.84 to 70.47%, for the clones 5 and 1, respectively. The index of cracks of the logs was low, ranging from 0.20 (clones 3 and 5) to 0.70% (clone 1). Clone 4 had the highest gross yield in the state green (51.91%) and dry (49.46%) and to the green net yield (46.93%) and dry (42.96%). The warps after sawing and after drying were mild, being that the bow varied from 0.35 mm/m (green - clone 2) 4.34 mm/m (dry - clone 3), and the bending from 1.46 mm/m (green - clone 1) to 7.69 mm/m (dry - clone 5). Regarding the index of cracks of the boards clone 3 presented the lowest values, from 7.13% for the green and 9.34% for the dry. In the service assays of floor simulation, the clones were little resistant, but clone 2 can be indicated for the production of low traffic floors. For the sunset laser analysis, the clones showed a high percentage of flawed area ranging from 14.53 to 21.01% for the clones 2 and 4, respectively. For the determination of the best clone, the weighting tables, indicated clone 2 as the best. All the evaluated clones showed satisfactory results for the quality of logs and sawn wood, in addition to good results for the physical, mechanical and yield analyses in sawn wood, and can be used as solid wood and indicate clones 1 and 3 to frame and furniture and clone 2 to floor.

Keywords: Wood Quality. Surface quality. Wood processing. Products with higher added value.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – DEMONSTRAÇÃO DA MENSURAÇÃO DA ESPESSURA E DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS NOS TOPOS DAS TORAS..	41
FIGURA 2 – DEMONSTRAÇÃO DA PRÉ SECAGEM AO AR LIVRE DA MADEIRA ATÉ 20% DE UMIDADE.....	44
FIGURA 3 – EQUIPAMENTOS PARA A OBTENÇÃO DAS IMAGENS PARA ANÁLISE DA SUPERFÍCIE USINADA DA MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i>	47
FIGURA 4 – EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	48
FIGURA 5 – EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE ENDENTAÇÃO EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	49
FIGURA 6 – EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA O ENSAIO DE CARGA ROLANTE EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	50
FIGURA 7 – DEMONSTRAÇÃO DAS MENSURAÇÕES REALIZADAS PARA DETERMINAR A PROFUNDIDADE DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE.....	50
FIGURA 8 – DEMONSTRAÇÃO DAS MENSURAÇÕES REALIZADAS PARA DETERMINAR A PROFUNDIDADE DO ENSAIO DA QUEDA DA ESFERA DE AÇO CADENTE.....	51

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE CERNE PARA OS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	54
GRÁFICO 2 – VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE RACHADURA DE TOPO DAS TORAS DE CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	56
GRÁFICO 3 – VALORES MÉDIOS DO RENDIMENTO VERDE E SECO DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	58
GRÁFICO 4 – VALORES MÉDIOS DO RENDIMENTO LÍQUIDO VERDE E SECO DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE BÁSICA E A RETRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE ACORDO COM A LITERATURA.....	34
TABELA 2 – INFORMAÇÕES SOBRE A ORIGEM DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i> AVALIADOS.....	39
TABELA 3 – METODOLOGIA PARA A ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	52
TABELA 4 – VALORES MÉDIOS DO ARQUEAMENTO, ENCURVAMENTO E ÍNDICE DE RACHADURA DE TOPO DE TÁBUAS VERDES E SECAS DE CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	61
TABELA 5 – DENSIDADE BÁSICA E DENSIDADE APARENTE A 12% DE UMIDADE PARA CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	66
TABELA 6 – CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PELO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA) PARA A DENSIDADE BÁSICA.....	67
TABELA 7 – RETRAÇÃO TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL, VOLUMÉTRICA E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA PARA CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	69
TABELA 8 – VALORES MÉDIOS DA RETRAÇÃO TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL, VOLUMÉTRICA E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE ALGUNS TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA PARA ESPÉCIES DO GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	70
TABELA 9 – RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	73
TABELA 10 – VALORES MÉDIOS DA QUALIDADE DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i> POR MEIO DA TÉCNICA DO <i>sunset laser</i>	76
TABELA 11 – VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE ENDENTAÇÃO CAUSADA POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS APÓS 100 VIAGENS SOBRE A MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	78

TABELA 12 – VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE APÓS 10, 25 E 50 VIAGENS DO EQUIPAMENTO SOBRE A MADEIRA DE CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	79
TABELA 13 – VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO CADENTE SOBRE A MADEIRA DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i> EM QUATRO ALTURAS DIFERENTES.....	81
TABELA 14 – VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE ATRITO, REPRESENTADOS PELO COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO DOS CINCO CLONES DE <i>Eucalyptus</i>	83
TABELA 15 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	85
TABELA 16 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS VALORES ABSOLUTOS.....	87

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 OBJETIVOS	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 UTILIZAÇÃO DAS FLORESTAS DE <i>EUCALYPTUS</i>	20
2.1.1 <i>Eucalyptus grandis</i>	21
2.1.2 <i>Eucalyptus urophylla</i>	22
2.1.2 <i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	22
2.2 DESDOBRIO DA MADEIRA DE <i>EUCALYPTUS</i>	23
2.2.1 Técnica de desdobro tangencial.....	23
2.2.2 Rendimento em madeira serrada	24
2.3 DESAFIOS NO DESDOBRIO DE <i>EUCALYPTUS</i>	24
2.4 CARACTERÍSTICAS DO GÊNERO <i>EUCALYPTUS</i> QUE AFETAM A QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA	26
2.4.1 Tensões de crescimento	26
2.4.2 Rachadura de topo de tora.....	27
2.4.3 Rachadura em tábuas	27
2.4.4 Empenamentos	28
2.4.5 Madeira juvenil	29
2.4.6 Cerne e Alburno	30
2.5 PROPRIEDADES DA MADEIRA.....	31
2.5.1 Propriedades físicas	32
2.5.2 Propriedades mecânicas	34
2.6 PRODUÇÃO DE PISO MACIÇO DE <i>EUCALYPTUS</i>	36
2.7 QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DA MADEIRA – TÉCNICA <i>SUNSET LASER</i>	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	39
3.2 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E OBTENÇÃO DAS TORAS.....	39
3.3 QUALIDADE DAS TORAS	40
3.3.1 Porcentagem de cerne	40
3.3.2 Índice de rachadura de topo das toras	41
3.4 PROCESSO DE DESDOBRIO.....	41

3.5 RENDIMENTO DA MADEIRA SERRADA.....	42
3.5.1 Rendimento bruto	42
3.5.2 Rendimento líquido.....	43
3.6 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA	43
3.7 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA	44
3.7.1 Preparo das amostras	45
3.7.2 Propriedades físicas da madeira	45
3.7.3 Propriedades mecânicas da madeira	46
3.8 QUALIDADE DA MADEIRA BENEFICIADA.....	46
3.8.1 Preparo das amostras	46
3.8.2 Qualidade da superfície da madeira – <i>sunset laser</i>	47
3.8.3 Simulação de piso de madeira maciça em serviço.....	48
3.8.3.1 Ensaio de atrito estático e dinâmico	48
3.8.3.2 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	49
3.8.3.3 Ensaio de carga rolante	49
3.8.3.4 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	50
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	51
3.10 METODOLOGIA PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 QUALIDADE DAS TORAS	54
4.1.1 Porcentagem de cerne	54
4.1.2 Índice de rachadura de topo das toras	55
4.2 RENDIMENTO DA MADEIRA SERRADA.....	57
4.2.1 Rendimento bruto	57
4.2.2 Rendimento líquido.....	59
4.3 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA	61
4.4 PROPRIEDADES FÍSICAS	66
4.4.1 Densidade	66
4.4.2 Retração da madeira	69
4.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	72
4.6 QUALIDADE DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA – TÉCNICA <i>SUNSET LASER</i>	76
4.7 SIMULAÇÃO DE PISO DE MADEIRA MACIÇA EM SERVIÇO	77
4.7.1 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	77
4.7.2 Ensaio de carga rolante.....	79

4.7.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente.....	81
4.7.4 Ensaio de Atrito	83
4.8 CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE	84
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	91
REFERÊNCIAS.....	93
ANEXO 1 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS ENTRE ALGUNS ENSAIOS REALIZADOS	109
ANEXO 2 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS UTILIZANDO SOMATÓRIOS DA TABELA DE PONDERAÇÃO LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	110
ANEXO 3 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS UTILIZANDO SOMATÓRIOS DA TABELA DE PONDERAÇÃO LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS VALORES ABSOLUTOS	111

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de florestas plantadas do mundo, em virtude da grande extensão de terras férteis e altamente produtivas. De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017), a área total de árvores plantadas no Brasil chegou a 7,84 milhões de hectares em 2016, crescimento de 0,5% em relação ao ano de 2015, devido exclusivamente ao aumento das áreas com *Eucalyptus*. Os plantios desse gênero ocupam 5,7 milhões de hectares da área de florestas plantadas e estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%).

As espécies do gênero *Eucalyptus* são responsáveis por inúmeros produtos, em que se pode destacar a celulose de fibra curta usada na fabricação de papel, o carvão vegetal usado para gerar energia e a madeira sólida, para móveis, pisos, revestimentos e outras aplicações da construção civil. Estes diversos produtos são obtidos pela variabilidade de espécies e pela elevada produtividade do gênero no Brasil. Segundo o IBÁ (2017), em 2016, o país liderou o ranking global de produtividade florestal, com uma média de 35,7 m³/ha ao ano para os plantios de *Eucalyptus*.

Além das condições ambientais que fazem com que o crescimento do *Eucalyptus* seja acelerado no Brasil, o melhoramento genético proporciona a obtenção da maior produção de biomassa por unidade de área plantada, bem como significativas melhorias na qualidade da madeira, seja como matéria-prima industrial ou como insumo energético (ASSIS, 1996).

Porém, atualmente a base do melhoramento genético do Brasil, segundo Assis et al. (2015), está voltado para a qualidade da madeira visando a produção de celulose, produção de biorredutores (carvão vegetal) e produção de energia. Quanto ao melhoramento genético voltado para a serraria os autores complementam que a produção de madeira de *Eucalyptus* para serraria no Brasil tem sido caracterizada pelo aproveitamento de plantios feitos para outras finalidades, os quais têm sido manejados para produzir toras. Por outro lado, quando os plantios são realizados com o objetivo específico de produção de toras, normalmente não se utilizam materiais genéticos desenvolvidos para essa finalidade.

Todavia, em função da crescente utilização da madeira sólida, em especial do *Eucalyptus*, torna-se cada vez mais necessário o melhoramento genético voltado

à qualidade da madeira sólida para a utilização na construção civil, em móveis, molduras, pisos e também revestimentos, pois o mercado madeireiro está cada vez mais exigente, não tolerando espécies que apresentem elevados índices de rachaduras, empenamentos e defeitos.

Apesar do seu potencial, a madeira jovem da grande maioria das espécies de *Eucalyptus* apresenta limitações técnicas. A principal dessas limitações são as elevadas tensões de crescimento. Estas tensões constituem o principal fator de redução do rendimento industrial e tem sido considerado um dos principais entraves à utilização econômica de espécies de *Eucalyptus*. Sua madeira apresenta restrições próprias e inerentes ao uso de florestas jovens, onde os níveis das tensões de crescimento manifestam-se de forma mais proeminente do que em florestas maduras (ASSIS et al. 2015).

A verificação da qualidade da madeira do gênero *Eucalyptus* proveniente de florestas jovens ou maduras é fundamental para definir sua utilização, seja ela por meio da análise das alterações provocadas nas toras e nas faces da madeira serrada pela liberação das tensões de crescimento, tensões de secagem, desdobro e/ou ainda quanto a verificação da qualidade das propriedades físicas e mecânicas.

Além disso, o estabelecimento de critérios e/ou ferramentas que conduzam a classificação de melhores clones ou espécies de *Eucalyptus* torna-se necessário devido à grande variabilidade de espécies e também a heterogeneidade da madeira de árvores das mesmas espécies, desse gênero. Para tanto, a tabela de ponderação torna-se uma alternativa para a classificação de clones e/ou espécies quanto as análises de qualidade por meio da atribuição de notas considerando a análise estatística e os valores absolutos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo desse estudo foi caracterizar tecnologicamente a madeira de cinco clones de *Eucalyptus* (três *E. grandis* x *E. urophylla*, um *E. grandis* e um *E. urophylla*) com 10 anos de idade, para a produção de madeira maciça afim de atender o mercado de produtos de maior valor agregado.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a qualidade das toras dos cinco clones, após a derrubada das árvores;
- Avaliar o rendimento de madeira serrada verde e após a secagem ao ar livre, bem como a qualidade das tábuas quanto aos empenamentos e índices de rachaduras;
- Determinar as propriedades físicas e mecânicas dos cinco clones;
- Analisar a qualidade de superfície da madeira dos cinco clones por meio da técnica do *sunset laser*;
- Analisar a potencialidade dos cinco clones de *Eucalyptus* visando a produção de piso residencial;
- Desenvolver uma metodologia para a classificação dos clones.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 UTILIZAÇÃO DAS FLORESTAS DE *Eucalyptus*

O Brasil possui 7,84, milhões de hectares de florestas plantadas, das quais quase 70% são constituídas por diferentes espécies de *Eucalyptus*. O principal objetivo dessas plantações é a produção de carvão e celulose. Uma porcentagem menor dessas florestas de *Eucalyptus* é cultivada para a produção de produtos de madeira sólida como na construção civil, indústria moveleira, pisos, entre outros (FERRAZ FILHO, 2016).

Miranda (1998) destaca que a partir do final da década de 80, a crise nos setores de celulose e papel e siderurgia, causada pela acentuada queda nos preços internacionais desses produtos, contribuíram para que as empresas com grandes extensões de área plantada procurassem novas alternativas para o uso da madeira de *Eucalyptus*, impulsionando assim, sua utilização como madeira serrada.

A madeira oriunda das florestas de *Eucalyptus*, nos últimos anos, vem atendendo a demanda de madeira dos mercados da construção civil e da indústria moveleira. Os inúmeros plantios destinados à celulose alcançaram novas perspectivas de utilização, apesar da maioria destes não ter passado por técnicas de manejo e melhoramento florestal próprias à produção de madeira serrada, como as desramas e a seleção de material genético (CARVALHO, 2000).

A aplicação adequada da madeira de *Eucalyptus*, assim como a de outros materiais, está diretamente relacionada com o conhecimento de suas características, o que possibilita maior economia e segurança no emprego desse material (RODRIGUES, 2002). Caixeta et al. (2003) destacam a necessidade de implementação de um programa de melhoramento genético, baseado nas propriedades da madeira e que utilize técnicas de avaliação conjunta, afim de possibilitar a utilização do *Eucalyptus* no fornecimento de múltiplos produtos, incluindo madeira serrada. O uso de material genético de qualidade e homogêneo em plantios desse gênero é de fundamental importância, pois por mais tecnologia que se disponha pouco se pode fazer quando a matéria prima não é de qualidade (ACOSTA, 2006).

França (2014) corrobora que o melhoramento genético do *Eucalyptus* no Brasil teve como objetivo o aumento da produtividade de árvores por hectare para a

produção de celulose e, que as propriedades tecnológicas e qualitativas da madeira produzida foram pouco consideradas nos programas de seleção genética.

As características da madeira do *Eucalyptus* a torna indicada para diferentes usos, entre as quais se destacam a laminação, a movelaria, as estruturas, a caixotaria, os postes, as escoras, os mourões e o carvão, sendo as espécies *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. globulus* e *E. viminalis* as espécies mais plantadas no mundo (ALZATE, 2004). No Brasil, destacam-se as espécies *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. dunnii* e o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*.

2.1.1 *Eucalyptus grandis*

A madeira desta espécie é considerada medianamente leve e fácil de trabalhar em operações de usinagem, sendo considerada de baixa estabilidade dimensional. É uma das espécies mais indicadas para usos múltiplos apresentando, no entanto, problemas de empenamento, contrações e rachaduras nas operações de desdobro e de secagem (ALZATE, 2004).

Segundo Simula; Tissari (1998), a madeira da espécie *E. grandis* é considerada entre as melhores do gênero para diversos usos e movelaria. De modo geral ela não é difícil de usar, porém apresenta certa rigidez, com densidade básica variando de 0,430 a 0,500 g.cm⁻³ (FERREIRA, 1990). É serrada com certa facilidade e apresenta boa superfície quando aplainada. A madeira do *E. grandis* pode ser torneada, lixada e furada facilmente. Proporciona boa linha de cola e recebe pintura e brilho prontamente. Quanto à aceitação de pregos, a madeira de *E. grandis* apresenta boa fixação.

É uma espécie que possui qualidades excelentes quanto ao seu crescimento, superando qualquer outra em incremento, quando as condições ambientais são adequadas, sendo esta a causa de sua grande utilização nos plantios. Dentre as suas várias características, apresenta a capacidade de desramar-se espontaneamente, o que dá origem a fustes lisos com aspecto colunar. Sua madeira é boa para serraria e excelente para celulose (GOLFARI et al., 1978).

Martins et al. (2006) corrobora que o *Eucalyptus grandis* é a espécie mais plantada no mundo, devido às suas características silviculturais e a utilização ampla da madeira, além de fácil obtenção de sementes em quantidade e qualidade.

2.1.2 *Eucalyptus urophylla*

A espécie *Eucalyptus urophylla*, segundo Scanavaca Junior; Garcia (2004) é uma espécie amplamente cultivada. Destaca-se por apresentar grande potencial de crescimento, em função da tolerância ao fungo causador do cancro do *Eucalyptus*, da boa produtividade e de sua potencialidade de utilização para os mais diversos fins (celulose e papel, chapas duras, serraria, carvão, dentre outros).

A madeira de *Eucalyptus urophylla* tem densidade básica média (MOURA, 1986) variando de 0,500 a 0,580 g.cm⁻³ (FERREIRA, 1990) e cor clara com cerne de rosa a marrom (TURNBULL; BROOKER, 1978) e pode ser utilizada para celulose, painéis de fibras, serraria, postes, dormentes, carvão e de acordo com Hillis (1987) também para serraria.

2.1.2 *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*

O híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* vem tomando espaço no mercado madeireiro, sendo destaque na área de celulose em virtude da alta produtividade e qualidade de fibras.

Segundo Carvalho (2000), o objetivo do cruzamento destas duas espécies é obter plantas com bom crescimento, característica do *E. grandis*, e leve aumento da densidade da madeira e melhorias no rendimento e propriedades físicas da celulose, características do *E. urophylla*.

Segundo Gouvêa et al. (1997) a rusticidade, propriedades da madeira e resistência ao déficit hídrico de *E. urophylla*, fazem com que as plantas desta espécie possuam alto potencial para programas de hibridação com o *E. grandis*, que possui bom desenvolvimento silvicultural, sendo possível obter material mais homogêneo e com qualidades da madeira desejáveis.

2.2 DESDOBRO DA MADEIRA DE *Eucalyptus*

2.2.1 Técnica de desdobro tangencial

O desdobro tangencial consiste na obtenção de peças tangenciais às camadas de crescimento (FERREIRA et al., 2004). As técnicas de desdobro baseadas em cortes tangenciais simultâneos são as mais utilizadas para a madeira de *Eucalyptus*, proporcionando boa produtividade e boa precisão em relação à espessura de corte das tábuas (ROCHA, 2000).

Para Fagundes (2003), o desdobro tangencial apresenta características como maior praticidade e rendimento em madeira serrada, quando comparada ao método radial; utilização de toras de qualquer diâmetro; obtenção de superfícies com desenhos diferenciados (para madeiras com anéis de crescimento distintos); produção de peças serradas com menor contração em espessura e maior em comprimento; e obtenção de peças com tendência ao encanoamento.

Porém, Pandey et al. (1984) citado por Rocha (2000) complementam que esta técnica quando utilizada em *Eucalyptus* apresenta problemas. Os autores citam que a parte interior da tábua, a qual está sob compressão, tende a se alongar com o corte e a parte exterior que está sob tração tende a encurtar, tornando-se encurvadas para fora da tora. Os autores observaram também que as tábuas desenvolveram rachaduras durante o desdobro, e durante os processos seguintes, apresentam problemas como colapso, empenamentos, fendas de superfície e torcimento.

Rocha (2000) obteve para o desdobro tangencial valor médio de 41,26% para o rendimento verde e 36,93% para o rendimento seco para o *E. dunnii* e 45,71% para o rendimento verde e 42,52% para o rendimento seco para o *E. grandis*, Müller (2013) obteve valores médios superiores para o desdobro tangencial quando comparado ao desdobro radial e Cunha et al. (2015) também obtiveram melhores valores médios para o desdobro tangencial quando comparado ao desdobro radial, onde os valores variaram de 66,40% para o *E. grandis* na menor classe diamétrica avaliada a 53,57% para o *E. benthamii* na maior classe diamétrica analisada.

2.2.2 Rendimento em madeira serrada

O rendimento em madeira serrada é a relação entre o volume de madeira serrada produzido e o volume da tora antes do desdobro, expresso em porcentagem (STEELE, 1984) é um dos principais parâmetros de avaliação do desdobro de toras, pois pode auxiliar no planejamento da produção, otimizando os processos, e aumentando a produção (ANJOS; FONTE, 2017).

Anjos; Fonte (2017) complementam que o rendimento é fundamental para avaliar a capacidade de produção de uma determinada espécie e para estabelecer as estratégias de ação para o processamento. Sem a informação do rendimento, não há como dimensionar a estrutura industrial da serraria.

Este coeficiente é afetado pela interação de diversos fatores, sendo os fatores inerentes à madeira como o diâmetro, o comprimento, a conicidade e a qualidade das toras, e fatores próprios da indústria, como técnica de desdobro empregada, tipo de equipamento, afiação das serras, experiência dos operários e número de produtos alternativos (STEELE, 1984; PONCE, 1995; ROCHA, 2000; ROCHA; TOMASELLI, 2002; FERREIRA et al., 2004).

De acordo com Blackwell; Walker (2006), para o gênero *Eucalyptus*, o rendimento em madeira serrada varia entre 40 e 65%.

Anjos; Fonte (2017) estudando *Eucalyptus dunnii*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, obtiveram rendimentos médios que variaram de 50,47 a 40,55% para a maior e menor classe diamétrica, respectivamente. Cunha et al (2015) avaliando dois sistemas de desdobro, duas classes diamétricas e duas espécies de *Eucalyptus* encontraram valores limítrofes de 66,40% e 47,05%. Juízo et al (2014) encontraram estudando dois sistemas de desdobro, duas espécies de *Eucalyptus* e duas classes diamétricas valores médios que variaram de 26,12 a 42,39% em uma serraria portátil. Müller et al (2017) encontraram valores que variaram de 48,34% e 61,35% após o desdobro e entre 45,10% e 56,70% após a secagem, em estudo com cinco espécies de *Eucalyptus* resistente a geada e quatro classes diamétricas.

2.3 DESAFIOS NO DESDOBRIO DE *Eucalyptus*

No Brasil, a participação das espécies de *Eucalyptus* no mercado de madeira serrada vem crescendo, Müller et al. (2014) corroboram que por mais que a

produção ainda seja em pequena escala, os autores acreditam que em curto espaço de tempo a situação será revertida, principalmente pelo aperfeiçoamento de técnicas de desdobro, secagem e beneficiamento da matéria-prima.

Uma série de preconceitos são atribuídos a esta matéria-prima, provenientes da utilização incorreta e da falta do desenvolvimento de tecnologias que permitam otimizar as características do produto final (CARVALHO, 2000).

De acordo com França (2014), um dos fatores que limita o uso de toras de *Eucalyptus* para produção de madeira serrada são as significantes tensões de crescimento existentes no lenho, o que aumenta a propensão a rachaduras e a empenamentos, diminuindo a aceitação e prejudicando a utilização da madeira serrada.

No processamento mecânico da madeira de *Eucalyptus*, a ocorrência de rachaduras e empenamentos são as principais causas dos baixos rendimentos obtidos na produção de madeira serrada (LIMA, 2005). Além disso, as rachaduras associadas a essas tensões, juntamente com os defeitos de secagem, trazem como resultado, perdas significativas de material durante o processamento industrial, aspectos considerados como principais entraves à utilização econômica desse gênero (TRUGILHO et al., 2004; LIMA et al., 2007).

Entretanto, parte dos problemas de processamento do *Eucalyptus* poderá ser solucionada por meio do melhoramento genético, da condução adequada dos plantios e desenvolvimento de técnicas e equipamentos adequados ao desdobro e secagem (BULHÕES et al., 1995). Acosta (1999), por exemplo, concluiu que as tensões de crescimento podem ser aliviadas pelo desdobro, utilizando serra de fita dupla, promovendo cortes simultâneos, minimizando assim, a tensão liberada. Rocha e Tomaselli (2002) complementam que existem várias técnicas que podem ser adotadas, na obtenção e preparo das toras para redução das manifestações das tensões de crescimento, como anelamento das árvores (ROCHA, 2000) e vaporização das toras (ROZAS MELLADO, 1993).

França (2014) conclui que se torna cada vez mais necessário utilizar toras de exemplares selecionados de plantios clonais e que tenham baixo índice de rachaduras, além de desenvolver estudos para a determinação das componentes herdáveis relacionadas com o desenvolvimento de rachaduras durante o processamento da madeira.

2.4 CARACTERÍSTICAS DO GÊNERO *Eucalyptus* QUE AFETAM A QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA

Segundo Severo; Tomaselli (2000), dentre os problemas na utilização de *Eucalyptus*, em particular como madeira serrada, utilizada para diversos fins, estão as tensões de crescimento, além da elevada retratibilidade e o colapso. Os defeitos mais frequentes, causados pelas tensões internas na madeira serrada de *Eucalyptus*, são as rachaduras de topo e superficiais, arqueamentos, encanoamentos e encurvamentos (ROCHA; TOMASELLI, 2002). Entretanto, as tensões de crescimento que ocorrem na árvore antes de sua derrubada são para dar suporte e sustentação, proporcionando dessa forma estabilidade à árvore.

2.4.1 Tensões de crescimento

Calonego; Severo (2005) definem as tensões de crescimento como forças encontradas na madeira em estado verde e que se manifestam na tora por meio de rachaduras, no momento ou logo após a derrubada e também durante o desdobro do material. As tensões de crescimento são responsáveis pela grande maioria dos defeitos que ocorrem durante todas as etapas de processamento da madeira de *Eucalyptus*, provocando perdas consideráveis no rendimento, e consequentemente, o desestímulo do seu uso na forma serrada (CALONEGO; SEVERO, 2005).

Segundo Miranda; Nahuz (1999), a intensidade das tensões de crescimento variam consideravelmente entre espécies, entre árvores da mesma espécie, e ainda em diferentes posições dentro da mesma árvore, tanto na altura, como no sentido medula-casca. A idade da árvore também pode influenciar, pois com o tempo aumentam os comprimentos e espessura da parede das fibras, a porcentagem de cerne, extrativos e a densidade básica da madeira (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

Pádua et al. (2004) estudando parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*, afirmaram que as tensões de crescimento são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento do *Eucalyptus*, em função da redução das dimensões das peças. Nicholson (1973) ressaltou as restrições do uso desse material que são mais proeminentes em

florestas jovens, devido aos diversos fatores intrínsecos à madeira, tais como a proporção de lenho juvenil no tronco.

A redução das tensões de crescimento e de seus efeitos pode ser alcançada por meio da utilização de algumas práticas, como o melhoramento genético, métodos de exploração, técnicas de desdobro adequadas, entre outras (ROCHA; TRUGILHO, 2006). Assim, o conhecimento destas tensões e das alternativas para a sua liberação ou redução, são imprescindíveis para maior aproveitamento da matéria prima, tanto no desdobro como nas outras etapas de processamento da madeira (ROZAS MELLADO, 1993).

2.4.2 Rachadura de topo de tora

As tensões de crescimento estão em equilíbrio enquanto a árvore está em pé, mas quando é cortada, ocorrem imediatamente deformações e rachaduras nos topos de toras, em função da modificação do estado de equilíbrio que vigorava durante o crescimento (FERRAND, 1983). Sendo assim, a zona periférica da tora, sob tração, tende, após o abate, a expandir e empurrar a face do corte para o exterior, causando rachaduras de topo nas toras (MALAN, 1979).

Conforme Lima et al. (2002), a mensuração das rachaduras na extremidade das toras é considerada método indireto na avaliação das tensões de crescimento, podendo em alguns casos ser utilizada como indicador de seleção de árvores para serraria pela importância que desempenham.

Lopes et al. (2004) utilizaram o índice de rachadura de topo de tora para seleção de árvores matrizes de *E. grandis* de 27 anos e observaram valores médios de 0,47%. Já, Lima et al. (2000), estudando *Eucalyptus grandis* com 18 anos, submetidos a um sistema de desbaste manejado, encontraram valores de índice de rachadura de topo de tora variando de 0,49%, na testemunha sem desbaste, a 0,80%, na intensidade de 67% de desbaste.

2.4.3 Rachadura em tábuas

As rachaduras nas tábuas ocorrem na maioria das vezes em virtude das tensões de crescimento que se manifestam, em sua maior intensidade, até aproximadamente 72 horas após o traçamento das toras. Muller (2013) acrescenta

que parte das rachaduras que são causadas pelas tensões de crescimento tem origem no processo de desdobro, momento em que essas tensões são liberadas, ultrapassando muitas vezes o limite de resistência intrínseca da madeira, ocasionando a ruptura das peças serradas.

Existem três tipos de rachaduras: de topo, superficiais e internas.

As rachaduras de topo, como as de superfície, usualmente ocorrem nos raios da madeira, nos topos das tábuas. Estas rachaduras ocorrem porque o gradiente de umidade se move mais rapidamente na direção longitudinal do que na transversal. Portanto, os topos das tábuas secam mais rapidamente do que o meio e tensões se desenvolvem nos topos (SIMPSON, 1991).

Zen (2016) em estudo sobre secagem combinada do gênero *Eucalyptus*, encontrou valores baixos de índice de rachadura de topo de tábuas sendo 2,50% verde e 4,77% após a secagem ao ar livre até 20% de umidade. Muller (2013), em seu estudo com *E. benthamii*, obteve antes da secagem valores médios de índice de rachadura de topo de tábuas que variaram de 7,51 a 38,36%, e posterior a secagem, os valores médios oscilaram de 14,69 a 52,57%. Já, Haselein et al. (2004), trabalhando com *E. grandis* com 27 anos de idade, observaram um elevado índice médio de rachaduras de topo de tábuas de 63,56%.

2.4.4 Empenamentos

Conforme Lopes (2003), os empenamentos podem ser definidos como alterações na forma geométrica inicial da madeira que se manifestam durante o desdobro ou durante a secagem da madeira, devido às diferenças de retratibilidade radiais e tangenciais, características inerentes à madeira, ou a problemas de armazenamento. De forma geral, os empenamentos são classificados como encurvamento, encanoamento, arqueamento e torcimento.

Em função das tensões de crescimento, durante o desdobro, há uma tendência das peças de madeira se curvarem, de modo que as extremidades se distanciem do centro da tora. Assim, quando essas deformações forem inevitáveis, deve-se selecionar que tipo de empenamento se pretende, sendo preferíveis os empenamentos no plano das faces, devendo-se evitar o empenamento na direção das bordas (PONCE, 1995).

Segundo Lima et al. (2004), da mesma forma que as rachaduras de topo, os empenamentos também requerem destopo das tábuas, fazendo com que o rendimento em madeira serrada seja reduzido, assim como as dimensões médias das peças. Dessa forma é fundamental o estudo dos empenamentos encontrados na madeira, para que seja possível a definição adequada de seu uso como madeira sólida.

Lopes (2003) obteve para *E. grandis* com 27 anos de idade valores médios de 3,81 mm/m após a secagem ao ar livre durante seis meses. Hornburg et al. (2012) estudando seis espécies do gênero *Eucalyptus* obtiveram para arqueamento, após o desdobro (verde), valores médios de 3,1 mm/m, 2,3 mm/m e 2,6 mm/m para as três classes diamétricas avaliadas. Os mesmos autores encontraram valores de encurvamento após o desdobro (verde) para a classe 1 de 7,1 mm/m, para a classe 2 de 6,0 mm/m e para a classe 3 de 3,5 mm/m. Também para o estado verde da madeira, Rocha; Tomaselli (2002) encontraram para *Eucalyptus grandis* 7,8 mm/m e 3,8 mm/m, já para o *Eucalyptus dunnii* os valores médios foram de 4,8 mm/m e 2,7 mm/m para arqueamento e encurvamento, respectivamente. Rocha; Trugilho (2006) avaliando dois métodos de desdobro para *E. dunnii* com 13 anos, obtiveram para o desdobro tangencial no estado seco da madeira 0,04 mm/m de arqueamento, 5,58 mm/m de encurvamento e 2,88 mm/m de encanoamento. Já para o desdobro radial, os autores encontraram 6,78 mm/m de arqueamento, 1,79 mm/m de encurvamento e não encontraram encanoamento nesse método de desdobro.

2.4.5 Madeira juvenil

Jankowsky (1979) descreve que a madeira juvenil corresponde ao xilema secundário produzido durante a fase inicial da vida da árvore, caracterizada anatomicamente por um progressivo aumento nas dimensões e mudanças correspondentes na forma, estrutura e disposição das células nas sucessivas camadas de crescimento. Esse período varia conforme a espécie, podendo ser afetado pelas condições ambientais. Caracteriza-se, ainda, anatomicamente por um progressivo acréscimo nas dimensões das células e por correspondentes alterações em sua forma, estrutura e disposição, em sucessivos anéis de crescimento, que se reflete nas propriedades da madeira. A variação radial que aparece ao longo do

tronco pode ser explicada, além das mudanças nas dimensões dos traqueídes, pelo crescimento e pela produção hormonal (LARSON, 1973).

De acordo com Tomazello Filho (1987) e Malan (1995), em áreas de rápido crescimento, a madeira juvenil é de importância considerável, pois ela pode constituir uma grande proporção do tronco. Segundo Koga (1988), o lenho juvenil é formado nos primeiros anos de formação da madeira na região próxima da medula, sua duração é variável, podendo ocupar 85% do tronco em uma árvore de 15 anos, e cerca de 10% aos 30 anos.

Maestri et al. (2004) encontraram em madeira de *Eucalyptus*, com idades entre dez e 21 anos, boa correlação entre o perfil da densidade no sentido medula-casca e os defeitos que na literatura geralmente são descritos como falhas na madeira juvenil. Independentemente da idade, do material genético e do nível de densidade encontrada, os defeitos da madeira serrada, como empenamentos, trincas superficiais e rachaduras numa distância entre 7 e 9 cm da medula, eram bem mais frequentes. Os autores associaram isso com a ocorrência de madeira juvenil perto da medula.

Já, as peças estruturais que contenham determinada quantidade de lenho juvenil apresentam classes de resistência inferiores, sendo este o motivo pelo qual o conhecimento das diferenças entre as propriedades do lenho juvenil e adulto é importante para a utilização da madeira processada mecanicamente (VIDAURRE et al., 2011).

2.4.6 Cerne e Alburno

Segundo Costa et al. (2003), o alburno é formado por células funcionais, de coloração geralmente mais clara, responsáveis pela condução ascendente de água e solutos nela dissolvidos. Quando se tornam inativas para o transporte de água, as células do alburno passam a constituir o cerne, que pode conter óleos, resinas, gomas e/ou compostos fenólicos, substâncias que são frequentemente responsáveis pela sua coloração mais escura e que, geralmente, proporcionam maior durabilidade natural.

Silva; Trugilho (2003) ressaltam que o processo de cernificação é caracterizado não só pela morte das células do parênquima radial, mas também pelo consumo de amido e pelo aumento no conteúdo de extrativos e tilos, em

determinados gêneros, como o *Eucalyptus*. Assim, maiores porcentagens de cerne podem dificultar a secagem da madeira, uma vez que o cerne é bastante impermeável, principalmente devido à obstrução dos vasos por tilos, o que dificulta o transporte de água da parte mais interna da madeira para a mais externa (GALVÃO; JANKOWSKY, 1985).

Oliveira (1997) complementa que do ponto de vista da tecnologia da madeira, a quantificação das porcentagens de cerne e alburno é importante porque um maior percentual de um ou outro será importante para cada uma das utilizações dadas à madeira. Além disso, Tomazello Filho (1987) assegurou que existe uma significativa variação nas porcentagens de cerne e alburno ao longo do tronco entre as espécies de *Eucalyptus*, refletindo na fisiologia do crescimento das árvores e, principalmente, nas propriedades e na utilização da madeira.

Sabe-se que a madeira com maior quantidade de cerne é desejável para a produção de móveis e para suas aplicações na construção civil, devido à maior proporção de madeira adulta. Segundo Silva (2002), a madeira de cerne, pela sua coloração e propriedades específicas, apresenta maior valor tecnológico para usos em serraria e, por isso, tem sido o alvo de interesse dos usuários de madeira.

Silva; Trugilho (2003) complementam que o cerne apresenta diferenças marcantes em relação ao alburno, as quais podem ser interessantes ou não de acordo com a utilização da madeira. Algumas das diferenças mais importantes são: a) o cerne contém mais compostos fenólicos e ácidos e menos amido que o alburno, b) a lignina do cerne apresenta um peso molecular mais elevado e é mais condensada, c) o cerne de coníferas contém mais extrativos e menos lignina e celulose, enquanto que em folhosas essas diferenças não são consistentes (BROWNING, 1963); d) o cerne apresenta menor teor de umidade devido à redução da atividade fisiológica; e) o cerne é menos permeável, possui tecido mais compacto e, geralmente, menos denso que o alburno (BURGER; RICHTER, 1991). Também as diferenças na composição química, física e morfológica da madeira são variáveis entre e dentro das espécies, o que leva à geração de produtos distintos.

2.5 PROPRIEDADES DA MADEIRA

Para que a madeira de *Eucalyptus* seja utilizada de maneira otimizada na produção de madeira serrada, há a necessidade de se conhecer de forma mais

precisa as suas características (CRUZ et al., 2003). Deste modo, o estudo das propriedades físicas e mecânicas da madeira deste gênero se caracteriza como importante ferramenta, propiciando a sua correta utilização e contribuindo para a geração de produtos de maior valor agregado, além de promover o aprimoramento e o emprego de novas tecnologias de transformação, bem como, o uso racional desta matéria prima florestal (TRIANOSKI, 2012).

2.5.1 Propriedades físicas

Dentre todas as propriedades físicas da madeira, a densidade destaca-se como uma das mais utilizadas, por se correlacionar diretamente com a maior parte das outras propriedades e também com a composição celular da madeira, expressando sua qualidade final e seu comportamento nos processos tecnológicos e industriais (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000).

De acordo com Kollmann; Côtê (1968), a densidade de um corpo é definida como a “relação entre a sua massa e o seu volume” e se caracteriza como dado importante para a classificação e seleção de madeiras, sendo um indicador de qualidade. Geralmente utiliza-se a densidade básica, que é a massa de madeira seca em relação ao seu máximo volume, ou seja, a uma umidade superior ao ponto de saturação das fibras. Por ser de fácil determinação e de possuir uma boa correlação com as propriedades mecânicas de resistência da madeira, a densidade básica é uma das propriedades físicas mais estudadas no mundo (SCANAVACA JUNIOR, 2001).

Padilha (2005) corrobora que dentre as propriedades da madeira, a densidade pode ser considerada boa indicadora da sua resistência mecânica. A autora verificou que quanto maior a densidade dos clones de *E. urophylla* maiores os valores médios encontrados para a dureza Janka. Entretanto, essa relação pode variar entre as diferentes propriedades e espécies, devido às diferenças na composição celular e do teor de extrativos. Porém, Rocha (1994) ressalta que não se deve afirmar de imediato que quanto mais densa for a madeira, mais resistente ela será, porque a organização e dimensões dos elementos podem também exercer influências.

Eleotério et al. (2015) ao avaliarem a densidade básica de *Corymbia torelliana*, *E. cloeziana*, *E. resinífera*, *E. pilularis*, um híbrido *E. grandis* x *E. urophylla*

e *E. grandis* com diferentes idades obtiveram valores que variaram de 0,405 a 0,614 g.cm⁻³. Enquanto Padilha (2005) obteve valores para clones de *E. urophylla* que variaram de 0,477 a 0,575 g.cm⁻³. Para densidade aparente a 12%, Muller et al. (2014) encontraram 0,610 g.cm⁻³ para *E. benthamii*; Evangelista et al. (2010) 0,550 g.cm⁻³ para *E. urophylla*; Eleotério et al. (2014) para *C. torelliana*, *E. cloeziana*, *E. resinifera*, *E. pilularis*, *E. grandis* e para o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* valores limítrofes de 0,422 a 0,638 g.cm⁻³.

Segundo Kollmann; Côté (1968) além da densidade, a madeira possui outra característica física muito importante do ponto de vista da sua aplicação, chamada anisotropia, que é definida como um comportamento desigual nas diferentes direções estruturais da madeira — longitudinal, tangencial e radial. Esta característica torna a madeira um material peculiar, diferenciando-a dos metais, plásticos, porcelana, vidro e borracha. A retração tangencial da madeira desde o estado verde (acima do ponto de saturação das fibras) até seco em estufa (0% de umidade) encontra-se no intervalo de 3,5% a 15,0%, enquanto a retração radial encontra-se na faixa de 2,4% a 11,0%.

A retração e o inchamento higroscópico da madeira são dois dos mais importantes problemas práticos que ocorrem durante a sua utilização, como consequência da mudança do teor de umidade. A magnitude das variações dimensionais depende de inúmeros fatores, como o teor de umidade, a direção estrutural (radial, tangencial ou longitudinal), a posição dentro da árvore, a densidade da madeira, a temperatura, o grau de estresse de secagem causada pelo gradiente de umidade, entre outros (OLIVEIRA; SILVA, 2003).

As retrações da madeira variam em relação à posição da árvore. De forma geral, ela é maior na madeira juvenil, ou seja, mais próxima à medula, decrescendo rapidamente da medula para a casca, estando essa mudança relacionada com a rápida redução do ângulo microfibrilar na parede celular, com o aumento do comprimento das células e do teor de celulose (PANSIN; DE ZEEUW, 1980).

Durlo; Marchiori (1992) asseguraram que as variações dimensionais e a anisotropia são características indesejáveis da madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades e exigindo, por isso, técnicas específicas de processamento e utilização.

Hillis; Brown (1978) afirmaram que a madeira proveniente de árvores do gênero *Eucalyptus*, de rápido crescimento, apresenta uma contração excessiva e

ocasiona defeitos de secagem, como empenamentos e fendilamentos, que tendem a ser piores em madeiras de maior densidade.

Com relação à influência da retração com a densidade, Tsoumis (1991) menciona que existe uma relação direta entre essas propriedades físicas. Este fato é devido a maior presença da massa lenhosa, representada pelas paredes celulares, que podem interagir com maiores volumes de água.

Kollmann; Cotê (1968) afirmaram que, normalmente quanto mais alta a densidade da madeira maior a sua retração, conforme apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE A DENSIDADE BÁSICA E A RETRAÇÃO VOLUMÉTRICA DE ACORDO COM A LITERATURA.

Autor	Espécie	Densidade básica (g.cm ⁻³)	Retração volumétrica (%)	Idade
Batista et al. (2010)	<i>E. saligna</i>	0,46	12,91	11
Batista et al. (2010)	<i>E. grandis</i>	0,45	13,07	11
Batista et al. (2010)	<i>E. dunnii</i>	0,56	20,22	11
Medeiros et al. (2016)	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,46	15,05	4
Medeiros et al. (2016)	<i>Corymbia citriodora</i>	0,57	17,30	4
Muller et al. (2014)	<i>E. benthamii</i>	0,52	18,52	6

FONTE: O autor (2019)

Verifica-se na TABELA 1 que as espécies do gênero *Eucalyptus* costumam apresentar elevados coeficientes de retração volumétrica, independentemente da idade. Destacando ainda que quanto maior a densidade básica da espécie maior a porcentagem de retração mostrando claramente a magnitude e variabilidade que o gênero possui.

2.5.2 Propriedades mecânicas

De modo geral, Oliveira (1997) considera que o gênero *Eucalyptus* não apresenta restrições quanto a resistência mecânica, pois pode variar de baixa a muito elevada. Essa grande variabilidade se deve ao fato da existência de mais de 600 espécies adaptadas aos mais diferentes tipos de solo e condições climáticas.

As propriedades mecânicas da madeira são afetadas por uma série de fatores, entre eles, genéticos, práticas silviculturais, condições climáticas, sítio, densidade, idade, ângulo de grã, constituintes químicos e anatômicos, umidade,

proporção de lenho inicial e tardio, madeira juvenil, presença de nós, entre outros (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

Para a determinação das propriedades mecânicas da madeira são realizados ensaios mecânicos aplicados na simulação da sua real utilização (MULLER, 2018). Entre as principais propriedades avaliadas tem-se a resistência à flexão estática, resistência à compressão axial, resistência ao cisalhamento e dureza Janka (BELTRAME et al., 2010; BENJAMIN, 2006; MIRANDA et al., 2012).

Para Panshin; De Zeeuw (1980) as propriedades mecânicas da madeira estão associadas às características de elasticidade e resistência, e podem ser definidas a partir do seu comportamento quando uma força externa é aplicada, onde este comportamento varia de acordo com o tipo de força que é exercida na madeira e em que sentido é aplicada.

As propriedades mecânicas normalmente são mesuradas considerando a sua resistência que é expressa pelo módulo de ruptura (MOR) que reflete a capacidade de carga máxima suportada pela madeira antes da ruptura (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1987) e, a sua rigidez, que é expressa pelo módulo de elasticidade (MOE) e reflete a capacidade da madeira resistir à deformação imposta pela carga, e é obtido nos ensaios de flexão estática, tração e compressão (KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

Para a propriedade mecânica de dureza, Carvalho (2007) define como sendo a resistência que a madeira oferece à penetração de outro corpo. Tsoumis (1991) relaciona a dureza com a facilidade ou dificuldade de se trabalhar a madeira, sendo muito importante para certos usos como o de madeira para fabricação de pisos.

Considerando alguns trabalhos que utilizaram a madeira de *Eucalyptus* para determinar as propriedades mecânicas, destaca-se para flexão estática, Rodrigues (2002), ao estudar a variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de *Eucalyptus* para a construção civil, obteve resultados que variaram de 98,55 a 154,83 MPa para o módulo de ruptura (MOR) e 12328 a 21988 MPa para o módulo de elasticidade (MOE). Vivian et al. (2012), observaram para *E. grandis* aos 16 anos, uma resistência de 87,13 MPa e módulo de elasticidade de 11125 MPa. Logo, para a compressão paralela às fibras, Lobão et al. (2004) caracterizando as propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus grandis* com diferentes densidades obtiveram 55,5 MPa de resistência e Lima; Garcia

(2010), ao avaliarem a madeira de *E. grandis* aos 21 anos de idade, verificaram valores entre 35,23 e 61,09 MPa. Para a Dureza Janka, Padilha (2005) encontrou valores limítrofes de 4.290 a 5.926 MPa, tendo como média geral para os clones estudados 5170 MPa. Gonzalez et al. (2006) obtiveram para *E. grandis* valores de 5.207,33 N e 6.511,62 N, para dureza longitudinal e média, respectivamente e para *E. cloeziana*, os valores observados foram de 11.110,93 N e 11.444,36 N. Avaliando o cisalhamento paralelo às fibras, Muller et al. (2014) observaram para *E. benthamii* 11,41 MPa, Lobão et al. (2004) verificaram para *E. grandis* 7 MPa e Scanavaca Júnior; Garcia (2004) encontraram elevados valores para *E. urophylla* de 18,64 MPa.

2.6 PRODUÇÃO DE PISO MACIÇO DE *Eucalyptus*

Pode-se definir como piso uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve (SILVA; BITTENCOURT, 2002). Segundo Padilha (2005) o piso de madeira, por ser aconchegante, é um dos mais procurados para ambientes de interiores.

Para Martins et al. (2013), embora haja uma grande diversidade de madeiras tropicais brasileiras disponíveis no mercado, existem poucas espécies que são destinadas para a fabricação de pisos. Padilha et al. (2006) complementam que no Brasil, pode ser confeccionado a partir de vários tipos de madeiras como jatobá, cumaru, óleo bálamo, cabreúva, peroba e ipê, as quais apresentam alta qualidade para a finalidade em questão, mas são relativamente caras e nem sempre encontradas em dimensões padronizadas. Andrade (2015) descreve em seu livro sobre piso de madeira que as principais espécies comerciais para a produção de piso são amendoim, cabreúva-vermelha, cumaru, garapa, guaiuvira, ipê, jatobá, maçaranduba, muiracatiara, peroba-de-campos, peroba-mica, tatajuba e tauari. Algumas espécies de *Eucalyptus* são recomendadas para o uso como pisos de madeira, segundo Nogueira (1991), pode-se utilizar nove espécies destacando-se *E. cloeziana*, *E. grandis* e *E. citriodora*.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente a produção de piso de madeira apresentou um acréscimo de 13,6% e o consumo de 16,6% entre 1996 - 2007 (ABIMCI, 2007). Santos et al (2010) complementam que a espécie *Eucalyptus grandis* faz parte desse contexto, pois a

confeção de piso dessa essência florestal, proveniente de plantação, já é uma realidade em indústrias do setor.

Porém, sobre o uso do gênero *Eucalyptus* como piso de madeira, ainda existem poucos estudos que simulam o seu uso no Brasil, dentre eles Padilha et al. (2006) simularam a utilização da madeira de sete clones de *Eucalyptus urophylla* com oito anos de idade para a utilização como piso. Santos et al (2010) realizaram a simulação de piso em serviço de dois clones de *Eucalyptus* com 10 e 11 anos. Martins et al (2013) fizeram a simulação de piso em serviço de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e de *Corymbia maculata* Hook de diferentes procedências.

2.7 QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DA MADEIRA – TÉCNICA *SUNSET LASER*

A utilização do *laser* vem ganhando espaço como metodologia de qualificação de superfícies de materiais biológicos, devido a ser uma técnica não destrutiva (SORAGI, 2009). Segundo Rabelo (2000), ao se utilizar a luz *laser* como fonte de iluminação, consegue-se mais informações sobre o material pesquisado e principalmente de sua superfície.

Silva et al. (2005) utilizando *laser* como ferramenta para identificar e classificar textura da superfície de três espécies de madeira nativa, observaram que o *laser* é eficiente na separação dos extremos de textura: a textura grossa e a textura fina.

Silva et al. (2006b) avaliaram a técnica de captura das imagens de superfícies de madeira de *Eucalyptus* sp. por meio de iluminação com *laser* de baixa potência aplicada em diferentes ângulos. As imagens foram processadas tomando como base os padrões de interferência formados na superfície do material, usando as sombras formadas pela iluminação da madeira. Os autores concluíram que a iluminação aproximadamente paralela entre a madeira e o *laser* foi a que apresentou imagens mais bem definidas, possibilitando a visualização das cristas e relacioná-las aos distintos avanços por dente (fz).

Sendo assim, a técnica *sunset laser* é utilizada para iluminar superfícies a fim de ressaltar suas possíveis imperfeições. As irregularidades periódicas da superfície iluminada resultam em padrões de sombras que são tratadas por técnicas de

processamento e análise de imagens e de forma numérica comparadas com os parâmetros desejados (OLIVEIRA et al., 2015)

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE COLETA

As árvores utilizadas nesta pesquisa, foram provenientes de um plantio experimental clonal localizado na fazenda Santa Terezinha na cidade de Mogi Guaçu – SP, pertencente a empresa *Internacional Paper*, cujo material clonal é oriundo da empresa *Arborgen Tecnologia Florestal*. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) o município localiza-se a uma latitude 22°22'15" sul e a uma longitude 46°56'38" oeste, estando a uma altitude de 617 m, o clima é tropical de altitude ou subtropical com inverno seco apresentando chuvas anuais de 1100 a 1700 mm.

3.2 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E OBTENÇÃO DAS TORAS

Foram selecionados três híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*, um clone de *Eucalyptus grandis* e um clone de *Eucalyptus urophylla* plantados em espaçamento de 3 x 3 m, cujas árvores possuíam aproximadamente 10 anos de idade, no dia da coleta.

Na seleção das árvores buscou-se abranger indivíduos com pequenos, médios e grandes diâmetros (TABELA 2), de acordo com inventário prévio fornecido pela empresa. Assim, foram derrubadas cinco árvores de cada clone, levando em consideração o diâmetro na altura do peito (DAP), forma do tronco e aspecto fitossanitário.

TABELA 2 – INFORMAÇÕES SOBRE A ORIGEM DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus* AVALIADOS.

Clone	Espécie	Procedência	Ano de coleta do material genético	DAP (cm)
1	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	Seleção massal	2003	29,86
2	<i>Eucalyptus urophylla</i>	Seleção massal	2003	24,16
3	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	Polinização controlada	2004	26,66
4	<i>Eucalyptus grandis</i>	Seleção massal	2002	20,58
5	<i>Eucalyptus grandis</i> x <i>Eucalyptus urophylla</i>	Seleção massal	2003	22,00

FONTE: O autor (2019)

LEGENDA: DAP: diâmetro na altura do peito.

Após a derrubada, as árvores foram traçadas, retirando-se três toras por árvore. A primeira tora com 2,5 m de comprimento foi retirada da base da árvore sendo utilizada para a determinação das propriedades físico-mecânicas da madeira e as duas toras subsequentes com 2 m de comprimento para a determinação da qualidade das toras, qualificação e quantificação das peças de madeira serrada após o desdobro e a secagem.

As toras da base, utilizadas nas propriedades físico-mecânicas, foram reduzidas a um semi-bloco com 15 cm de espessura na serra circular dupla e encaminhadas para a Universidade Federal do Paraná (UFPR) para a confecção dos corpos de prova.

No momento da derrubada das árvores, foram retirados quatro discos de cada árvore, sendo um da base da árvore, a 2,5 m, a 4,5 m e a 6,5 m da altura total do fuste, para a estimativa da densidade básica e porcentagem de cerne.

3.3 QUALIDADE DAS TORAS

3.3.1 Porcentagem de cerne

A porcentagem de cerne presente nas toras foi determinada, conforme a técnica da diferença de coloração descrita por Githiomi e Dougal (2012). Para tanto foram medidos os diâmetros total (sem casca) e do cerne de cada disco de forma cruzada, utilizados para determinar as áreas total e do cerne e posterior cálculo da porcentagem de cerne, conforme a equação 1.

$$\% \text{ Cerne} = \frac{A_c}{A_d} \times 100 \quad (1)$$

Onde:

% Cerne = porcentagem de cerne (%);

A_c = área do cerne (cm²);

A_d = área do disco (cm²).

3.3.2 Índice de rachadura de topo das toras

O índice de rachadura no topo das toras, foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Lima et al. (2007a), sendo medidos todos os comprimentos e espessuras das rachaduras (FIGURA 1), tanto na base (maior diâmetro), quanto no topo (menor diâmetro) para posterior cálculo médio por tora, conforme a equação 2.

$$IR = 200 \frac{\sum_{i=1}^n a_i \times C_i}{\pi \times D^2} \quad (2)$$

Onde:

IR = índice de rachaduras de topo das toras (%);

a_i = abertura máxima da rachadura i ($i = 1, \dots, n$) (cm);

C_i = comprimento dessa rachadura (cm);

D = diâmetro da seção considerada (cm).

FIGURA 1 – DEMONSTRAÇÃO DA MENSURAÇÃO DA ESPESSURA E DO COMPRIMENTO DAS RACHADURAS NOS TOPOS DAS TORAS.



FONTE: O autor (2019)

3.4 PROCESSO DE DESDOBRO

As toras foram desdobradas na serraria da empresa *Madeiras GP*, na cidade de Mogui Guaçu - SP. Onde foram reduzidas em um semi-bloco em uma serra circular dupla de um eixo para retirada de duas costaneiras. O semi-bloco foi desdobrado em serra circular multilâmina de um eixo, com oito serras, obtendo-se tábuas com dimensões nominais de 120 x 28 x 2000 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente). Já as costaneiras foram reaproveitadas em

resserradeira horizontal para a padronização da espessura e depois em serra circular refiladeira para a padronização da largura com dimensões nominais de 100 x 20 x 2000 mm ou 70 x 20 x 2000 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente).

3.5 RENDIMENTO DA MADEIRA SERRADA

3.5.1 Rendimento bruto

O rendimento da madeira serrada foi obtido por meio da cubagem das toras pelo método de *Smalian* e pela medição do comprimento, largura e espessura das tábuas. O rendimento bruto verde (RBV) foi determinado por meio da razão entre o volume total de madeira serrada obtida após o desdobro (tábuas verdes) e o volume das toras, conforme a equação 3.

$$R = \frac{Vol_{tábuas}}{Vol_{toras}} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

R = rendimento da madeira serrada (%);

Vol_{tábuas} = volume das tábuas (cm³);

Vol_{toras} = volume das toras (cm³).

O rendimento bruto seco (RBS) foi estimado, tendo em vista que as tábuas oriundas das costaneiras ficaram na cidade de Mogui Guaçu – SP.

Para a obtenção do rendimento bruto seco, calculou-se primeiramente a redução de volume que as tábuas verdes sofreram durante a secagem ao ar livre até atingirem a umidade de equilíbrio (20%), sendo agora denominadas de tábuas secas. Em seguida, foi calculado o RBS, por meio da razão entre o volume das tábuas secas e o volume das toras, utilizando a equação 3.

3.5.2 Rendimento líquido

O rendimento líquido, foi determinado nos estados verde e seco, utilizando-se para o cálculo do rendimento (equação 3) o volume da madeira serrada descontando as rachaduras (Item 3.6) e o volume das toras.

Para o rendimento líquido seco (RLV) foi calculado o volume verde das tábuas e dele reduzido o volume que as rachaduras no topo das tábuas representavam e que seriam eliminados no destopo. A razão entre o volume de madeira serrada verde sem rachadura nos topos e o volume das toras, torna-se o RLV.

O rendimento líquido seco (RLS) foi estimado da mesma forma que o RLV, porém se utilizando as tábuas secas e as rachaduras mensuradas após a secagem ao ar livre.

3.6 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA

A avaliação da qualidade das peças de madeira serradas obtidas foi realizada por meio da determinação dos empenamentos e índice de rachadura em tábuas recém desdobradas (tábuas verdes) e em seguida fazendo as mesmas avaliações nas mesmas tábuas submetidas a pré secagem ao ar livre, durante três meses, até atingir 20% de umidade (tábuas secas).

A pilha da pré secagem ao ar livre foi montada sobre blocos de concreto com travessas de madeira a uma altura 30 cm do solo na Universidade Federal do Paraná. A disposição da pilha seguiu a orientação dos ventos predominantes no local, perpendicularmente ao comprimento da pilha. Utilizou-se na cobertura telhas de fibra-cimento, diminuindo, dessa forma, a incidência de raios solares e de precipitações diretamente na madeira, além disso, a cobertura foi pregada em uma armação com o objetivo de promover a restrição mecânica das tábuas (FIGURA 2). Para o controle da umidade em que a madeira se encontrava foram confeccionadas oito amostras controle de cada clone, conforme Wallis (1970).

Os empenamentos foram avaliados em 40 tábuas escolhidas aleatoriamente de cada clone, sendo eles o arqueamento, encurvamento e encanoamento. Neste contexto foram mensurados os comprimentos das tábuas verdes e secas, tendo-se

em seguida medidos os desvios das tábuas causados pelos devidos empenamentos em relação ao comprimento da tábua, segundo a metodologia proposta pela NBR 14806 (Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 2002). Salienta-se que o encanoamento foi descartado na qualificação da madeira dos clones por ser muito baixo mesmo após a pré secagem ao ar livre.

FIGURA 2 - DEMONSTRAÇÃO DA PRÉ SECAGEM AO AR LIVRE DA MADEIRA ATÉ 20% DE UMIDADE.



FONTE: O autor (2019)

Além dos empenamentos, foi determinado o índice de rachaduras das tábuas pela medição do comprimento das maiores rachaduras nos topos de cada peça em relação ao comprimento total da tábua como proposto por NBR 14806 (ABNT, 2002). Finalmente, os valores obtidos, foram utilizados, para a classificação da qualidade da madeira serrada de cada clone de acordo com a NBR 14806 (ABNT, 2002) de qualidade da madeira serrada.

3.7 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA

Os ensaios para a determinação propriedades tecnológicas da madeira foram realizados na Universidade Federal do Paraná (UFPR), nos Laboratórios de Secagem da madeira (LSM) e Tecnologia da madeira (LTM).

3.7.1 Preparo das amostras

Para a determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira, foram confeccionados corpos de prova retirados de pranchões de 150 mm de espessura e 2500 mm de comprimento da base da árvore. Os pranchões foram reduzidos a peças superdimensionadas e acondicionadas na câmara de climatização do LTM, da UFPR a uma umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e $20 \pm 2^\circ\text{C}$, até massa constante.

Após a estabilização da umidade, o material foi encaminhado para o Laboratório de Usinagem da Madeira (LUM) da mesma universidade, para serem confeccionados os corpos de prova para a determinação da retratibilidade, densidade aparente a 12% de umidade, flexão estática, dureza Janka, compressão paralela as fibras e cisalhamento paralelo as fibras.

Para a determinação da densidade básica, os discos foram cortados em cunhas, sendo selecionadas as duas cunhas oposta que apresentavam melhor qualidade para a realização do ensaio.

3.7.2 Propriedades físicas da madeira

A determinação da densidade básica iniciou pela verificação do volume das cunhas pelo método da balança hidrostática e em seguida realizou-se a secagem das amostras em uma estufa de circulação forçada de ar primeiramente a 50°C e posteriormente a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ para a determinação da massa seca seguindo a NBR 11941 (ABNT, 2003). Posteriormente realizou-se o cálculo da densidade básica da madeira em g.cm^{-3} .

Para a determinação da densidade aparente utilizaram-se corpos de prova com dimensões de 25 x 25 x 100 mm, seguindo orientação da norma Panamericana 461 (COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS – COPANT, 1972). Quinze corpos de prova de cada clone permaneceram na câmara de climatização até terem a umidade estabilizada em 12% para então ser calculada a densidade aparente a 12%.

Os mesmos corpos de prova foram utilizados para a determinação das retrações tangencial, radial, longitudinal, volumétrica a 12% de umidade, saturados e a 0% de umidade. Calculou-se também o coeficiente de anisotropia a partir da

relação das retrações tangencial e radial, seguindo as recomendações propostas pela norma Panamericana – 462 (COPANT, 1972).

3.7.3 Propriedades mecânicas da madeira

A confecção dos corpos de prova e os ensaios de flexão estática, compressão paralela às fibras, dureza Janka e cisalhamento paralelo às fibras, seguiram as especificações da norma Panamericana 555 (COPANT, 1972), norma Panamericana 464 (COPANT, 1972), norma Panamericana 465 (COPANT, 1972) e norma Panamericana 463 (COPANT, 1972), respectivamente. Os corpos de prova foram ensaiados no LTM da UFPR na máquina universal de ensaios EMIC – DL 30.000, para a determinação da resistência e rigidez dos clones.

3.8 QUALIDADE DA MADEIRA BENEFICIADA

3.8.1 Preparo das amostras

Para a realização dos ensaios da qualidade da superfície usinada da madeira por meio da técnica do *sunset laser* e da simulação de piso em serviço, as peças de madeira serrada anteriormente utilizadas na determinação da qualidade da madeira foram seccionadas em tábuas de 110 x 21 x 660 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) e secas em câmara de secagem até 10% de umidade no LSM. Em seguida foram encaminhadas para a Universidade Federal de Lavras para a confecção dos corpos de prova.

Para o ensaio do *sunset laser*, as amostras foram aplainadas a uma velocidade de avanço de 30 m.min⁻¹ e espessura do corte de 1 mm, sendo destopadas em amostras de 110 x 20 x 240 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente), sendo utilizado para cada clone 40 corpos de prova.

Para os ensaios de simulação de piso em serviço, os corpos de prova foram confeccionados e os ensaios foram conduzidos seguindo as especificações propostas pela norma 2394 – 83 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM, 1994), porém padronizando as dimensões dos corpos de prova em 110 x 20 x 240 mm (largura, espessura e comprimento, respectivamente) e utilizando para cada clone 40 corpos de prova por ensaio.

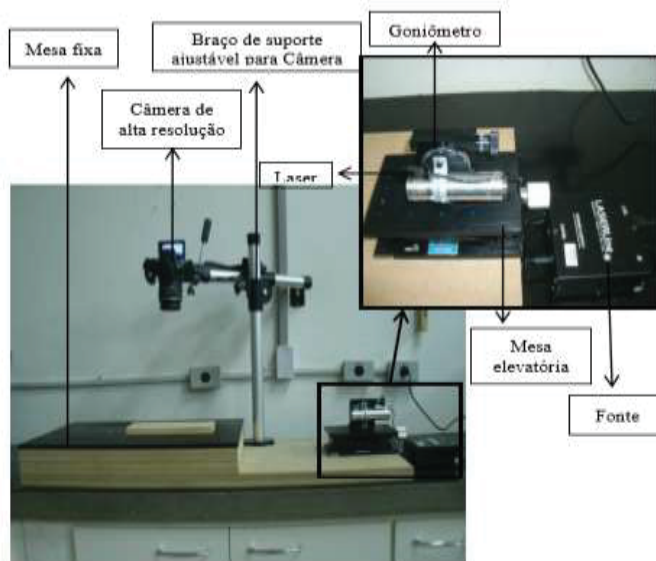
3.8.2 Qualidade da superfície da madeira – *sunset laser*

A verificação da qualidade da madeira por meio da técnica do *sunset laser*, consistiu no posicionamento dos corpos de prova e da superfície usinada a uma inclinação de 3° do *laser* de diodo para que os defeitos aparecessem nas imagens iluminadas como pontos sombreados. Durante o ensaio foram registradas três imagens da superfície iluminada pelo *laser* em cada corpo de prova. A câmera estava posicionada perpendicularmente e a 300 mm do corpo de prova, conforme a FIGURA 3.

As fotografias foram analisadas no *software ImageJ®*, em que as imagens no formato RGB color foram transformadas em imagens em escala de cinza de 8 bit, para serem então binarizadas, reduzindo os pixels para valores entre 0 a 40.

Para a quantificação da área de defeito, foram distribuídos três polígonos de 450 x 450 pixels na imagem binarizada, em que deveriam ficar a 150 pixels distantes da extremidade. Dessa forma, a análise consistiu na verificação da porcentagem de pixels de valores iguais a zero que apareciam na cor preta, correspondendo então ao sombreamento dos defeitos ocorridos durante o aplainamento da madeira.

FIGURA 3 – EQUIPAMENTOS PARA A OBTENÇÃO DAS IMAGENS PARA ANÁLISE DA SUPERFÍCIE USINADA DA MADEIRA DE *Eucalyptus*.



FONTE: ANDRADE (2015).

3.8.3 Simulação de piso de madeira maciça em serviço

3.8.3.1 Ensaio de atrito estático e dinâmico

Para o desenvolvimento do ensaio de atrito estático e dinâmico, as amostras foram lixadas com lixas número 100 e 150, respectivamente, e posteriormente impermeabilizados com um verniz a base d'água da empresa *Montana Química* pertencente a série HEC 831. Os corpos de prova ficaram secando durante 24 horas para então iniciar os ensaios na máquina universal de ensaio EMIC – DL 30.000.

O ensaio consistiu no posicionamento do aparato de ferro com 11,5 Kg e dimensões de 102 x 114 mm, com a base de couro, disposto sobre o corpo de prova e ligado por meio de cabo de aço à máquina universal de ensaios mecânicos, para simular a facilidade ou dificuldade da circulação de pessoas sobre a superfície do piso de madeira, conforme apresentado na FIGURA 4.

FIGURA 4 - EQUIPAMENTO PARA ENSAIOS DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



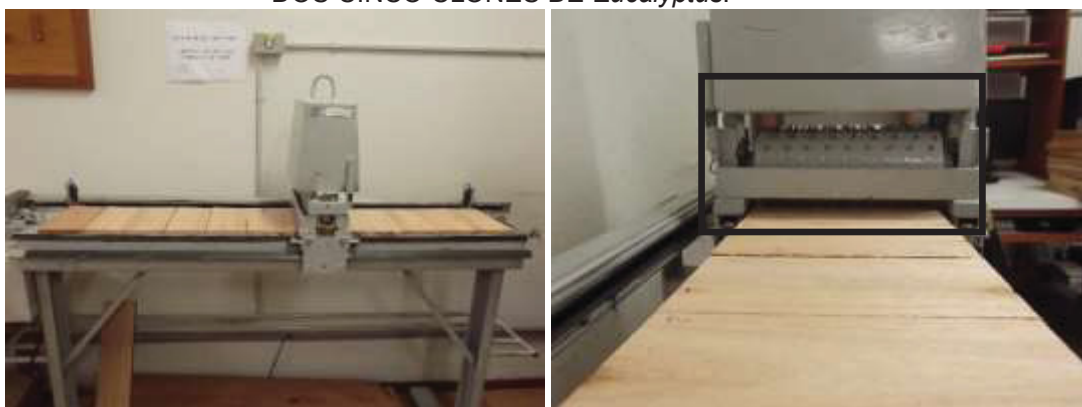
FONTE: O autor (2019).

Dessa forma, o atrito estático consistiu na força em que a máquina universal registrou para a movimentação do aparato de ferro a uma velocidade de 1,7 mm/min. O atrito dinâmico consistiu na força média para manter o aparato de ferro em movimento na velocidade de 51 mm/min.

3.8.3.2 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

O equipamento utilizado no ensaio possui um rolo móvel com 225 dentes cilíndricos de 5 mm de diâmetro (FIGURA 5). O ensaio consistiu no deslocamento do rolo em uma mesa de 1430 x 240 mm (comprimento x largura), a uma velocidade de 0,06 m/s, onde foram posicionadas 12 amostras, por ensaio, que receberam uma carga total de 890 N.

FIGURA 5 - EQUIPAMENTO PARA ENSIOS DE ENDENTAÇÃO EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2019).

Foram realizadas 100 viagens com o rolo sobre as amostras e ao final mensuradas três depressões escolhidas aleatoriamente em cada corpo de prova, determinando com auxílio de um relógio comparador (0,01 mm) quatro medidas externas e uma medida interna, conforme metodologia utilizada por Martins (2008) e Marchesan (2016).

3.8.3.3 Ensaio de carga rolante

Foi utilizado para o ensaio de carga rolante um equipamento (FIGURA 6) composto por um carro com três rodas, sendo que apenas a roda central desliza sobre os corpos de prova a uma velocidade de 0,06 m/s aplicando uma carga de 890 N, uma mesa de 1780 x 240 (comprimento x largura) e uma esteira de 1500 mm ligada ao carro que desliza sobre os trilhos laterais.

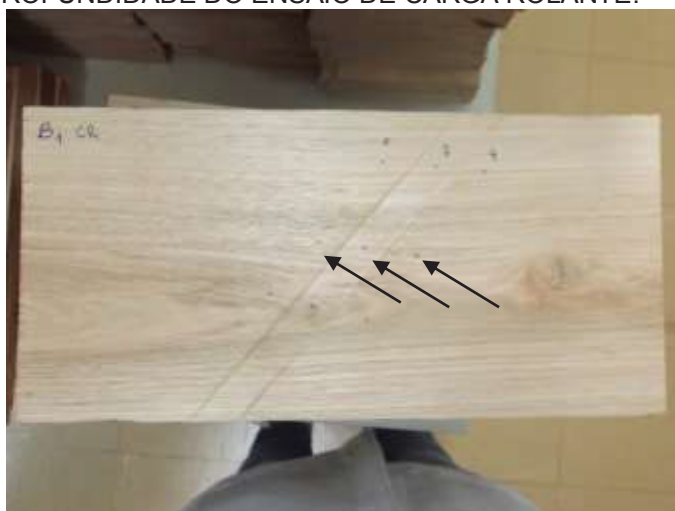
FIGURA 6 – EQUIPAMENTO UTILIZADO PARA O ENSAIO DE CARGA ROLANTE EM PEÇAS DE MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2018)

Para a realização do ensaio, 10 corpos de prova ficaram posicionados a 45° com o eixo axial das fibras em relação a roda central, medindo-se, com auxílio de um relógio comparador (0,01 mm), a diferença entre profundidade provocada pela carga rolante (três pontos) e a superfície do corpo de prova (seis pontos) em 10, 25 e 50 viagens, simulando assim o arraste de objetos sobre o piso de madeira (FIGURA 7).

FIGURA 7 - DEMONSTRAÇÃO DAS MENSURAÇÕES REALIZADAS PARA DETERMINAR A PROFUNDIDADE DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE.



FONTE: O autor (2018)

3.8.3.4 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

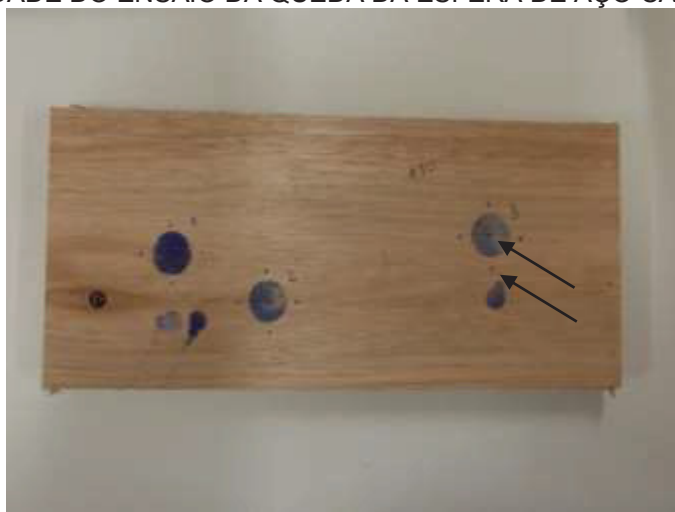
Para o desenvolvimento do ensaio, utilizou-se um equipamento que possui uma torre subdividida em 12 alturas sendo a mais baixa a 150 mm e a mais alta a 1800 mm de altura com distância de 150 mm entre elas. Já, a esfera de aço possui

51 mm de diâmetro e 535 g, ficando fixada em um eletroímã sendo liberada para a queda livre quando o interruptor foi acionado.

Para o ensaio do impacto da esfera de aço cadente, foram utilizados cinco corpos de prova por altura analisada, sendo elas 300 mm, 1100 mm, 1500 mm e 1800 mm de altura, totalizando 20 corpos de prova por clone, não foram realizados ensaios em todas as alturas propostas pela norma devido ao baixo número de amostras. Dessa forma, os corpos de prova ficaram posicionados na base do equipamento tendo uma folha de carbono sobre a sua superfície para marcar o local e a depressão que ocorriam nas três vezes em que a esfera de aço cadente caia no corpo de prova.

A depressão ocorrida com a queda da esfera de aço cadente sobre a amostra, foi medida com auxílio de relógio comparador (0,01 mm), por meio da diferença entre a média das quatro marcações na superfície da madeira e o ponto central (interno à depressão) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - DEMONSTRAÇÃO DAS MENSURAÇÕES REALIZADAS PARA DETERMINAR A PROFUNDIDADE DO ENSAIO DA QUEDA DA ESFERA DE AÇO CADENTE.



FONTE: O autor (2018).

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada em delineamento inteiramente casualizado, considerando 5% de significância. Para a determinação do ensaio de carga rolante e o ensaio da queda da esfera de aço cadente foi adotado arranjo bi-fatorial, sendo considerados o fator espécie (cinco) e viagem (três) para o primeiro e o fator espécie

(cinco) e altura (quatro) para o segundo. Enquanto para os demais ensaios o único fator foi a espécie (cinco níveis).

Os dados foram tabulados no *Microsoft Office Excel* e analisados no pacote estatístico *Statgraphics*, em que se verificou a normalidade dos dados, pelo teste de *Shapiro Wilk* e a homogeneidade das variâncias, por meio do teste de *Levene*. Quando não atendidos estes pressupostos, os dados foram transformados matematicamente utilizando o logaritmo, logaritmo neperiano e raiz quadrada, para atender os critérios da análise paramétrica. Em seguida os resultados foram avaliados por meio da análise de variância simples (ANOVA) e posteriormente foi realizado o teste de *Tukey* para comparação de médias a um nível de 5% de probabilidade de erro. Para analisar a influência entre os ensaios foi utilizada a correlação de *Pearson*.

3.10 METODOLOGIA PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE

Para a determinação do melhor clone, fez-se uma tabela de ponderação em que se levou em consideração o resultado da análise estatística dos clones. Dessa forma quanto melhor o resultado obtido por meio da estatística melhor a pontuação do clone. Entretanto, quando ocorreu sobreposição entre dois clones na análise estatística foram utilizados valores fracionados, conforme apresentado na TABELA 3.

TABELA 3 - METODOLOGIA PARA A ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA A CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE, CONSIDERANDO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Análise estatística	Nota
A	5,0
Ab	4,5
B	4,0
Bc	3,5
C	3,0
Cd	2,5
D	2,0
de	1,5
E	1,0

Fonte: O autor (2019)

Foi elaborada também uma tabela de ponderação levando em consideração apenas os valores absolutos em que se atribuiu a maior nota (5) para o melhor valor

e a menor nota (1) para o pior valor, vale ressaltar que quando dois ou mais clones apresentavam o mesmo valor médio atribuía-se a mesma nota.

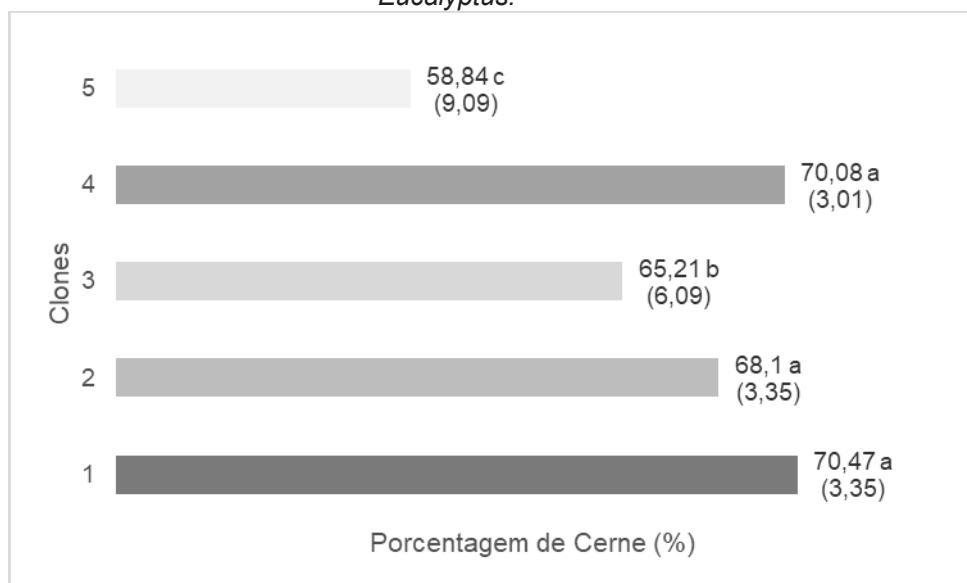
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 QUALIDADE DAS TORAS

4.1.1 Porcentagem de cerne

No GRÁFICO 1 estão apresentados os valores médios correspondentes a porcentagem de cerne para os cinco clones de *Eucalyptus*, onde se observa que os clones 1 e 4 apresentaram os maiores valores de porcentagem de cerne, sendo seguidos pelo clone 2 com o terceiro maior valor e estatisticamente igual a eles. O fator que pode ter afetado a menor porcentagem de cerne do clone 5 foi a atividade fisiológica das árvores desse clone, fazendo com que a formação de cerne aconteça de forma mais lenta que nos outros clones.

GRÁFICO 1 - VALORES MÉDIOS DA PORCENTAGEM DE CERNE PARA OS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

O clone 4 também merece destaque, pois como Pereira et al. (2013) descreve, comumente, quanto maior o crescimento em diâmetro maior será a porcentagem de cerne, porém esse clone foi o que apresentou menor diâmetro (TABELA 2) em relação aos outros clones e mesmo assim obteve valor médio estatisticamente igual aos clones que apresentaram maior porcentagem de cerne

(clone 1 e 2). Provavelmente a variabilidade genética do gênero *Eucalyptus*, além da fisiologia desse clone implicaram na rápida formação de cerne.

Considerando a porcentagem de cerne apresentada para os cinco clones no GRÁFICO 1, destaca-se que os valores tornam-se vantajosos levando em consideração que a madeira pode ser utilizada na construção civil, indústria moveleira e de pisos, lugares estes que necessitam de madeiras com maiores resistências naturais. A madeira que passou pelo processo de formação de cerne, onde ocorre o consumo dos compostos de reserva, o xilema secundário perde a atividade fisiológica e começa a haver deposição de extrativos, gomas, resinas, entre outros que fazem com que a madeira se torne mais resistente biologicamente. Além disso, Silva (2002) complementa que a madeira de cerne, pela sua coloração e propriedades específicas, apresenta maior valor tecnológico para usos em serraria e, por isso, tem sido o alvo de interesse dos usuários de madeira.

Em relação aos valores médios apresentados na GRÁFICO 1, observa-se que houveram diferenças estatística entre os clones e que as médias variaram de 58,84 a 70,47% para os clones 5 e 1, respectivamente, sendo essas médias semelhantes à encontrada por Lopes et al. (2004) para o *Eucalyptus grandis* com 27 anos idade (75,6%) e superiores as encontradas por Alzate (2004) para clones de *Eucalyptus grandis* (44,55%), *Eucalyptus saligna* (32%) e um híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (35,76%), com oito anos.

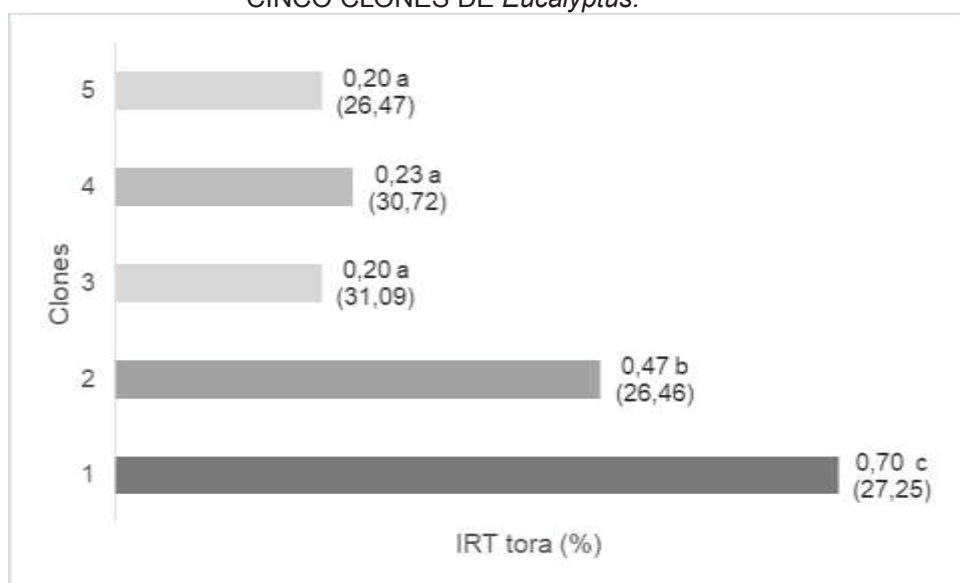
Dessa forma, analisando de modo geral a porcentagem de cerne dos cinco clones, pode-se afirmar que eles apresentaram valores médios superiores aos encontrados na literatura para árvores da mesma espécie e idade, porém foram semelhantes aos valores médios encontrados para árvores com idades mais avançadas, apresentando características adequadas para a utilização na forma de madeira maciça conforme o objetivo da presente pesquisa.

4.1.2 Índice de rachadura de topo das toras

No GRÁFICO 2, são apresentados os valores médios correspondentes ao índice de rachadura de topo das toras dos três híbridos e dos dois clones puros de *Eucalyptus* avaliados. Onde se pode observar que os valores médios encontrados foram baixos, podendo ser um indício de menores tensões de crescimento para os cinco clones.

Observa-se que os clones 3, 4 e 5 apresentaram os menores valores médios, sendo estatisticamente iguais entre si e com médias muito próximas. O clone 2 foi o que obteve o segundo maior índice de rachadura sendo esse valor aproximadamente o dobro dos clones 3, 4 e 5. O clone 1 foi o que obteve o maior percentual de rachaduras de toras entre cinco clones, sendo estatisticamente diferente dos demais. A diferença estatística observada pode ser em virtude deste clone ter tido um desenvolvimento mais rápido, resultando em toras de maiores diâmetros, o que resultou na maior concentração de tensão de crescimento devido ao desenvolvimento rápido das células de formação do tronco no câmbio, tornando-as instáveis depois da derrubada e provocando rachaduras. Braz et al. (2016) complementam que maiores taxas de crescimento proporcionaram maior desenvolvimento das tensões de crescimento e consequentemente maiores índices de rachaduras em toras de maiores diâmetros.

GRÁFICO 2 - VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE RACHADURA DE TOPO DAS TORAS DE CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

LEGENDA: IRT : Índice de Rachadura de Topo

Analisando os valores médios para o índice de rachadura de topo das toras apresentado no GRÁFICO 2, ressalta-se que os índices encontrados para os cinco clones foram baixos, levando em consideração que são árvores de apenas 10 anos. Além disso, os baixos valores acabam por não impedir a transformação e utilização das toras em madeira serrada, uma vez que toras que apresentam elevado índice de

rachadura acabam formando tábuas com elevados índices de rachaduras que tendem a se agravarem após o desdobro e secagem impossibilitando a sua utilização.

Os baixos valores médios de índices de rachaduras de topo das toras observados para os cinco clones aconteceram, devido ao período de mensuração das rachaduras, logo após a derrubada das árvores, destacando a importância do desdobro das toras logo após as árvores serem traçadas, com o objetivo de reduzir a manifestação desse defeito.

Ainda, de acordo com o GRÁFICO 2, observa-se diferença estatística entre os clones em que as médias variaram de 0,20% (clones 3 e 5) a 0,70% (clone 1). Esses valores médios estão dentro da normalidade encontrada para espécies do gênero *Eucalyptus* que utilizaram a mesma metodologia de mensuração. Podendo citar estudos como o de Trevisan et al. (2013) para *E. grandis* com 18 anos (0,8 a 2,5%), Lima et al. (2007a) para *E. grandis* com 21 anos (0,72 a 0,89%) e Muller (2018) para cinco espécies de *Eucalyptus* com 18 anos e resistentes a geada (0,26 a 1,08%). Vale destacar que todos os autores citados utilizaram árvores com idades mais avançadas do que os cinco clones e, mesmo assim encontraram valores médios mais elevados para o índice de rachadura de topo das toras.

Analisando de forma geral o índice de rachadura de topo de tora dos cinco clones, pode-se destacar que os valores médios para todos os clones apresentaram-se baixos e inferiores aos encontrados para outras espécies do gênero *Eucalyptus*, não impossibilitando a utilização de todos os clones como madeira serrada, Lima et al. (2002) corroboram que o índice de rachadura de topo de tora pode ser considerado como um indicador muito importante e muito útil na seleção de árvores de *Eucalyptus* para uso em serraria, porque pode auxiliar na seleção de árvores com baixa intensidade de rachaduras de extremidade de peças serradas.

4.2 RENDIMENTO DA MADEIRA SERRADA

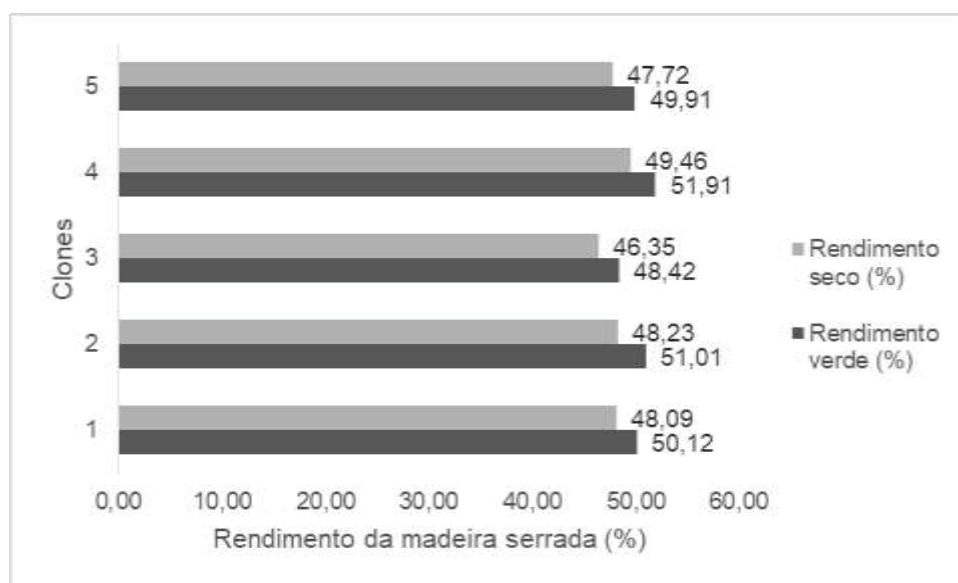
4.2.1 Rendimento bruto

No GRÁFICO 3 são apresentados os valores médios referentes ao rendimento da madeira serrada em seu estado verde (após o desdobro) e em seu estado seco (após a pré secagem ao ar livre).

Para o rendimento da madeira verde e seca, observa-se no GRÁFICO 3 que os valores médios para todos os clones encontram-se muito próximos, entretanto essa pequena diferença numérica de rendimentos entre os clones torna-se importante para as serrarias, pois ela é o reflexo de uma maior produção em madeira serrada.

O clone 4 foi o que apresentou o melhor valor para os dois rendimentos, sendo seguido pelo clone 2. O clone 3 apresentou o menor valor médio para o rendimento após o desdobro e após a pré secagem ao ar livre. Destaca-se ainda que o clone 2 foi o que obteve a maior redução de rendimento do verde para o seco, tendo sido provocada pela maior retratibilidade volumétrica, quando comparado aos outros clones.

GRÁFICO 3 - VALORES MÉDIOS DO RENDIMENTO VERDE E SECO DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2019)

O maior valor médio encontrado para o clone 4 para o rendimento verde e seco da madeira serrada não era esperado, pois foi o clone com menor diâmetro médio e comumente em serrarias quanto maior o diâmetro das toras maior o rendimento, conforme Rocha (2000). O melhor rendimento do clone 4 pode ter sido influenciado pelo *layout* da serraria ser desenvolvido para o desdobro de madeiras de *Eucalyptus* de pequenos diâmetros e a conicidade das toras, uma vez que as toras com menores diâmetros apresentaram menores diferenças entre os diâmetros

de ponta fina e da ponta grossa de cada tora, resultando em uma menor perda de madeira nas costaneiras.

Os valores médios apresentados no GRÁFICO 3 para o rendimento verde variaram de 48,42 a 51,91% para os clones 3 e 4 respectivamente, sendo semelhantes aos encontrados por Ferreira et al. (2004) estudando dez híbridos de *Eucalyptus* spp., com idades entre 7,5 e 13,5 anos e três sistemas de desdobro tangencial encontraram valores que variaram de 47,5 a 51,5%. Anjos; Fontes (2017) também encontraram valores médios de rendimento semelhantes ao presente estudo, quando avaliaram *E. grandis*, *E. saligna* e *E. dunnii* com 11 anos de idade, onde os autores encontraram para a classe de maior diâmetro valor médio de 50,47% e para a classe de menor diâmetro 40,55%.

Em relação aos valores médios encontrados para o rendimento seco, observa-se no GRÁFICO 3, que eles variaram de 46,35 a 49,46% para os clones 3 e 4, respectivamente. Sendo esses valores superiores ao encontrado por Rocha (2000) para o desdobro tangencial de *E. grandis* com 12 anos de idade (42,52%) e para o desdobro tangencial de *E. dunnii* com 16,5 anos de idade (36,93%). Os resultados do presente estudo também foram melhores quando comparados aos valores médios encontrados por Muller (2013) para o *E. benthamii* com 6 anos de idade avaliando três metodologias de desdobro em duas classes de diâmetros.

4.2.2 Rendimento líquido

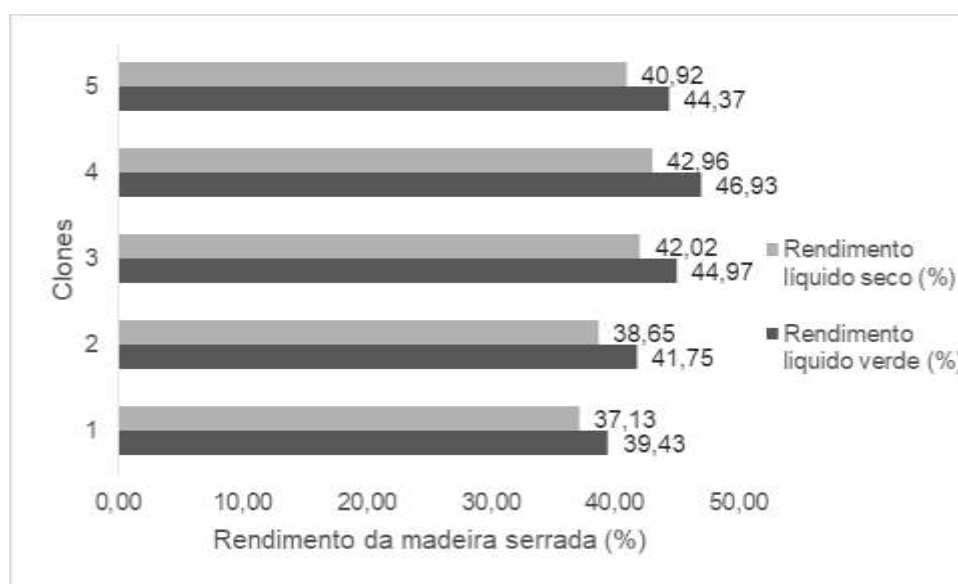
No GRÁFICO 4 são apresentados os valores médios referentes ao rendimento da madeira verde e seca descontando-se as rachaduras dos topos das tábuas.

Observando o GRÁFICO 4, destaca-se novamente o clone 4 com os melhores rendimentos líquidos nas duas condições avaliadas, sendo seguido pelos clones 3 e 5 com rendimentos bem aproximados e, por último, os clones 1 e 2 responsáveis pelos rendimentos mais baixos.

Os menores valores de rendimentos líquidos nas duas condições para os clones 1 e 2 foram decorrentes aos maiores índices de rachaduras no topo das toras (GRÁFICO 2) e no topo das tábuas (TABELA 4) que provocaram redução no rendimento líquido desses clones. Os rendimentos líquidos dos clones 3, 4 e 5 também foram influenciados pelo índice de rachadura de topo das toras e das

tábuas, pois os três clones apresentaram valores médios estatisticamente iguais e menores quando avaliadas as rachaduras, o que refletiu nos melhores valores médios para o rendimento líquido.

GRÁFICO 4 - VALORES MÉDIOS DO RENDIMENTO VERDE E SECO LÍQUIDO DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.



FONTE: O autor (2019)

Outro fato a ser observado no GRÁFICO 4, foi que para todos os clones houveram reduções dos rendimentos do estado verde para o estado seco, sendo provocado pela retração da madeira dos cinco clones e em menor porcentagem ao aumento das rachaduras, pois conforme observado na TABELA 4, o aumento do índice de rachadura de topo das tábuas foi baixo após a pré secagem ao ar livre.

Os valores médios para o rendimento líquido no estado verde variaram de 46,93 a 39,43% para os clones 4 e 1, respectivamente e para o rendimento líquido seco de 42,96 (clone 4) a 37,13% (clone 1). Cunha et al. (2015) avaliando dois sistemas de desdobro e duas espécies de *Eucalyptus* com 13 anos de idade, obtiveram valores limítrofes que variaram de 41,35 a 60,60% de rendimento verde quando descontaram apenas as rachaduras e Muller (2018) encontrou valores semelhantes aos cinco clones, avaliando cinco espécies de *Eucalyptus* resistente a geada, obtendo para o rendimento líquido seco, descontando rachaduras, esmoados e destopo, valores médios que variaram de 37,10 a 45,57%.

De maneira geral, os rendimentos da madeira serrada dos cinco clones foram semelhantes aos valores médios encontrados na literatura para espécies do

gênero *Eucalyptus*, independente da idade da árvore e do diâmetro da tora. Sendo possível a utilização de todos os clones levando em consideração o rendimento e destacando o clone 4 com a maior porcentagem.

4.3 QUALIDADE DA MADEIRA SERRADA

Na TABELA 4 são apresentados os valores médios referentes aos empenamentos e aos índices de rachaduras de topo de tábuas após o desdobro e após a pré secagem ao ar livre. Observa-se que com relação aos defeitos da madeira, o arqueamento e o encurvamento não aconteceram de forma expressiva. Quanto ao índice de rachadura de topo das tábuas, os resultados médios encontrados para os cinco clones foram semelhantes a valores encontrados para outras espécies do gênero *Eucalyptus*.

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DO ARQUEAMENTO, ENCURVAMENTO E ÍNDICE DE RACHADURA DE TOPO DE TÁBUAS VERDES E SECAS DE CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	Arquea. verde (mm/m)	Arquea. seco (mm/m)	Encur. verde (mm/m)	Encur. seco (mm/m)	IRT tábua verde (%)	IRT tábua seca (%)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,57 a (107,82)	3,08 a (49,85)	1,46 a (91,50)	5,37 a (46,29)	21,33 c (52,56)	22,79 b (50,98)
2	<i>E. urophylla</i>	0,35 a (210,84)	3,68 ab (51,38)	2,09 a (96,21)	6,21 ab (50,27)	18,15 c (58,69)	19,87 b (50,03)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,61 a (127,88)	4,34 b (46,90)	1,91 a (117,94)	7,58 b (34,12)	7,13 a (81,43)	9,34 a (71,68)
4	<i>E. grandis</i>	1,04 b (58,24)	3,40 ab (40,11)	3,12 b (62,55)	6,38 ab (34,37)	9,60 ab (62,01)	13,14 ab (57,41)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	1,02 b (61,91)	3,66 ab (40,45)	3,73 b (65,83)	7,69 b (33,37)	11,11 b (72,07)	14,25 ab (72,61)
P		0,000*	0,0184*	0,000*	0,0003*	0,000*	0,000*

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Para o arqueamento verde, observa-se na TABELA 4 que o clone 2 apresentou o menor valor médio sendo estatisticamente igual aos clones 1 e 3 que possuíam valores muito semelhantes para esse defeito. Além disso, os clones 4 e 5 apresentaram os maiores valores médios, sendo eles estatisticamente iguais entre si e aproximadamente o dobro do defeito observado nos clones 1, 2 e 3. Quanto ao

arqueamento seco observa-se que houve uma maior homogeneidade entre os valores médios dos clones, onde o clone 1 apresentou o menor valor médio e o clone 3 o maior valor médio, sendo eles diferentes entre si estatisticamente.

Nota-se na TABELA 4 que aumentaram os valores médios da flecha do estado verde para o estado seco para o arqueamento, da mesma forma como observado por Stangerlin et al. (2009), Rosso (2006) e Duarte et al. (2015), onde se destaca o clone 4 com o menor e o clone 3 com o maior aumento, respectivamente. Esse fato já era esperado e pode ser explicado em virtude da liberação das tensões de secagem que ocorrem na madeira durante o processo de secagem. Stangerlin et al. (2009) complementam que durante a secagem da madeira o arqueamento apresenta-se como um dos defeitos de mais difícil controle, pois ele pode ser acentuado pelas pilhas não apresentarem nenhuma restrição lateral, que impeçam as deformações das tábuas.

Observa-se também que houve diferença estatística entre os clones para o arqueamento verde podendo ter acontecido em virtude da maior intensidade da liberação da tensão de crescimento em alguns clones durante o corte simultâneo das costaneiras, aumentando o encurvamento do semi-bloco e depois da transformação do semi-bloco em tábuas o encurvamento tornou-se arqueamento, conforme explicam Souza et al. (2012).

Em relação aos valores médios obtidos para o arqueamento verde, destaca-se a variação de 0,35 a 1,04 mm/m para os clones 2 e 4 respectivamente, sendo inferiores aos encontrados por Stangerlin et al. (2009) para *Corymbia citriodora* (2,59 mm/m), *Eucalyptus saligna* (2,87 mm/m) e *Eucalyptus tereticornis* (2,88 mm/m) com aproximadamente 25 anos, inferiores também aos encontrados por Anjos; Fonte (2017) para *Eucalyptus dunnii* (2,69 mm/m), *Eucalyptus grandis* (2,13 mm/m) e *Eucalyptus saligna* (2,13 mm/m) com 11 anos de idade e semelhantes aos encontrados por Cademartori et al. (2015), avaliando a eficiência de herbicida na redução dos efeitos das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis* com 16 anos, em que obtiveram valores que variaram de 0,81 a 1,24 mm/m.

Quanto ao arqueamento seco, os valores médios dos cinco clones variaram de 3,08 a 4,34 mm/m para os clones 1 e 3, respectivamente, sendo semelhantes aos encontrados para outras espécies do gênero *Eucalyptus* e ficando entre os valores limítrofes encontrados por Rocha; Trugilho (2006) para *E. dunnii* (0,04 e 6,78 mm/m) e Eleotério et al. (2014) para seis espécies de *Eucalyptus* (1,90 e 6,60 mm/m). Além

disso, os cinco clones foram classificados como de primeira classe de qualidade para o arqueamento por apresentarem valores médios inferiores a 5 mm/m conforme o estabelecido pela NBR 14806 (ABNT, 2002).

Para o encurvamento verde, o clone 1 apresentou o menor valor médio, sendo seguido pelos clones 3 e 2, respectivamente (TABELA 4). Destaca-se também que os clones 1, 2 e 3 foram iguais estatisticamente, porém diferentes dos clones 4 e 5. Da mesma forma que para o arqueamento verde, os clones 4 e 5 apresentaram os maiores valores médios para o encurvamento verde. Tratando-se do encurvamento seco, observa-se valores médios com pouca variação, destacando a diferença estatística o clone 1 com menor e os clones 3 e 5 com os maiores valores médios, sendo a diferença observada de apenas 2 mm/m aproximadamente.

Para o encurvamento, os valores médios para os cinco clones também aumentaram após a secagem das tábuas, devido provavelmente ao processo de secagem e a ineficácia da pressão exercida sobre as camadas das pilhas de tábuas para redução de tal defeito. Da mesma forma que para o arqueamento, o clone 4 apresentou o menor e o clone 3 o maior aumento da flecha após a secagem ao ar livre.

Observa-se na TABELA 4, que os valores médios do encurvamento verde apresentaram-se diferentes estatisticamente. A diferença estatística do encurvamento entre os clones foi ocasionada, provavelmente, pelo desdobro ser realizado paralelamente ao eixo da tora e não da casca, causando um maior ou menor dano às fibras no momento do desdobro. Onde nos clones que apresentavam toras com maiores curvaturas (encurvadas), tiveram as fibras rompidas no seu comprimento, diferentemente de quando se obteve tábuas originadas de uma tora sem encurvamento.

Quanto aos valores médios para o encurvamento após o desdobro, destaca-se que eles variaram de 1,46 a 3,73 mm/m para os clones 1 e 5, respectivamente. Tais resultados foram semelhantes aos encontrados por Muller (2018) para cinco espécies de *Eucalyptus* resistentes a geada (1,50 a 3,78 mm/m) e Stangerlin et al. (2009) para *C. citriodora* (1,49 mm/m) e *E. saligna* (2,08), porém menores aos observados por Cademartori et al. (2015) para *E. grandis* (4,52 a 6,17 mm/m).

Para o encurvamento após a secagem ao ar livre, observa-se que os clones também apresentaram-se diferentes estatisticamente e que os valores médios variaram de 5,37 a 7,69 mm/m, para os clones 1 e 5 respectivamente. Sendo esses

valores semelhantes aos encontrados por Cademartori et al. (2015) de 4,52 a 6,17 mm/m para *E. grandis*. Entretanto, os cinco clones não foram classificados segundo a NBR 14806 (ABNT, 2002) como de primeira classe para madeira serrada, pois apresentaram valores médios superiores a 5 mm/m. Mas, pode-se destacar que os valores médios encontrados para o encurvamento seco para cinco clones estão de acordo aos encontrados para o gênero *Eucalyptus*, levando em consideração que as tábuas utilizadas na mensuração advêm de árvores com apenas 10 anos.

Para o índice de rachadura de tábua verde, observa-se na TABELA 4 que o clone 3 apresentou o menor valor médio sendo diferente estatisticamente dos clones 1 e 2 com os maiores valores médios, nota-se que a diferença observada entre eles foi expressiva. O clone 4 obteve o segundo menor índice de rachadura, sendo estatisticamente igual ao clone 3 e ao clone 5. O índice de rachadura após a secagem ao ar livre seguiu o mesmo comportamento observado para o índice de rachadura após o desdobro, onde o clone 3 apresentou o menor valor médio, seguido pelos clones 4 e 5, respectivamente. Entretanto, os clones 4 e 5 apresentaram-se estatisticamente iguais ao clone 3 e aos clones 1 e 2 que obtiveram os maiores valores médios para o índice de rachadura de tábua seca.

Os valores médios também aumentaram para o índice de rachadura de topo das tábuas das mensurações realizadas após o desdobro para após a secagem, entretanto o aumento foi baixo sendo provavelmente em virtude da secagem ter ocorrido de forma branda ao ar livre, não levando a madeira a elevadas mudanças de temperatura e circulação de ar.

O leve aumento apresentado pelos clones após a secagem, foi de apenas 1,46 pontos percentuais para o clone 1 e 3,54 pontos percentuais para o clone 4, comprovando o baixo percentual de aumento. Sendo possível sugerir que o índice de rachadura de topo das tábuas seja provocado pelas tensões observadas nos clones pelo rápido crescimento e durante o processo de desdobro e em menor porcentagem pelas tensões residuais que foram liberadas durante a secagem.

Outro fator a ser observado foi que as rachaduras das tábuas seguiram o mesmo comportamento da rachadura das toras. Os clones 3, 4 e 5 apresentaram os menores valores médios tanto para a porcentagem de rachadura de tora quanto de tábua, podendo-se afirmar que o índice de rachadura das toras influencia diretamente o índice de rachadura das tábuas de acordo com a correlação de Pearson (Anexo 1). Hornburg et al. (2012) afirmaram que em seu trabalho, com

exceção de *Eucalyptus pilularis*, as demais espécies de *Eucalyptus* apresentaram correlação positiva entre a intensidade de rachaduras de toras e da madeira serrada, indicando assim que as tensões de crescimento se manifestam nas toras e durante o desdobro e que a madeira continua a rachar quando está secando em virtude das tensões de secagem.

Para o índice de rachadura nas peças recém desdobradas, foram observadas diferenças estatísticas entre os clones, sendo que os clones 3 e 1 apresentaram o menor (7,13%) e maior (21,33%) valor médio, respectivamente. Destaca-se também que as médias encontradas foram semelhantes a estudos envolvendo o gênero *Eucalyptus* e até mesmo inferiores ao observado por Souza et al. (2012) para *Eucalyptus grandis* com 14 anos de idade, os quais estimaram uma média de 14,65% e 23,51% no índice de rachadura da madeira serrada após o desdobro para árvores dominantes e médias, respectivamente.

Para o índice de rachadura de topo de tábua após a secagem ao ar livre, também foram observadas diferenças estatísticas entre os clones, com destaque novamente aos clones 1 e 3 com maior (22,79%) e menor (9,34%) valores médios, respectivamente. Os valores médios após a secagem também foram semelhantes aos observados na literatura para o gênero *Eucalyptus* quando utilizado a mesma metodologia de mensuração. Latorraca et al. (2015), ao avaliarem a qualidade da secagem da madeira de *Eucalyptus pellita* com 25 anos de idade, previamente submetida aos processos de anelamento e vaporização, obtiveram valores que variaram de 14,53 a 33,96%, Cademartori et al. (2015), estudando o *E. grandis* com 16 anos de idade, verificaram índices de rachaduras após a secagem entre 8,26% e 11,31% e Hornburg et al. (2012), estudando seis espécies de *Eucalyptus*, obtiveram valores limítrofes de 2,54 e 12,28%, com destaque para o *E. grandis* e para o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* de 10,15 e 6,32%, respectivamente. Porém, segundo classificação proposta pela Norma para a Classificação de Madeira Serrada de Folhosas (IBDF, 1983), apenas o clone 3 enquadra-se na primeira classe de qualidade de madeira serrada, em virtude de ser o único a ter apresentado um índice de rachadura de topo de tábuas inferior a 10%.

Ainda, de acordo com a TABELA 4, observa-se que os coeficientes de variação para os empenamentos e índice de rachadura após o desdobro e após a secagem foram elevados, podendo ser justificados por algumas peças avaliadas não apresentarem defeitos, enquanto em outras, os empenamentos e rachaduras foram

acentuados. Essa variação ocorreu provavelmente, pela variação da posição da peça serrada na tora e/ou dimensão da tora.

De maneira geral, os resultados obtidos para arqueamento e encurvamento foram pouco expressivos em todos os clones. Quanto ao índice de rachadura de topo das tábuas, pode-se dizer que as tensões de crescimento foram mais influentes, haja vista que aumentou pouco após a secagem. Os valores médios foram similares aos encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*, não apresentando restrições nem limitações quanto a utilização dos cinco clones como madeira serrada. Vale destacar, que o clone 3 obteve o melhor comportamento quando analisados todos os defeitos da madeira e que os clones 1 e 2 apresentaram melhores valores médios para os empenamentos, podendo ser indicado para a utilização em molduras, móveis, entre outras finalidades.

4.4 PROPRIEDADES FÍSICAS

4.4.1 Densidade

Na TABELA 5 são apresentados os valores médios referentes à densidade básica e densidade aparente a 12% de umidade dos cinco clones de *Eucalyptus* avaliados.

TABELA 5 - DENSIDADE BÁSICA E DENSIDADE APARENTE A 12% DE UMIDADE PARA CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	D. básica (g.cm ⁻³)	D. aparente 12% (g.cm ⁻³)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,473 d (9,67)	0,510 c (13,87)
2	<i>E. urophylla</i>	0,595 a (4,72)	0,684 a (10,41)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,492 cd (6,96)	0,527 c (12,20)
4	<i>E. grandis</i>	0,534 b (4,35)	0,615 ab (6,08)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,511 bc (5,68)	0,572 bc (3,88)
P		0,000*	0,000*

Fonte: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

*Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$). LEGENDA: D: Densidade

Nota-se na TABELA 5 que para a densidade básica os clones 1 e 3 apresentaram valores inferiores a $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$, já os demais apresentaram valores superiores a $0,500 \text{ g.cm}^{-3}$ sendo classificados de acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (2015) como madeiras com densidade básica leve e média, respectivamente, conforme apresentado na TABELA 6.

TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO PROPOSTA PELO INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA) PARA A DENSIDADE BÁSICA.

Classificação	Densidade básica (g.cm^{-3})
Leve	< 0,50
Média	0,51 a 0,72
Alta	> 0,73

Fonte: IBAMA (2015)

Os valores médios dos cinco clones foram semelhantes aos encontrados na literatura para as mesmas espécies, destacando-se o clone 4, representado por *E. grandis*, com valor médio superior ao encontrado Batista et al. (2010) para cinco clones com 11 anos de idade, sendo provavelmente explicado pelo clone ter sido melhorado geneticamente com o objetivo de produzir biomassa e dessa forma apresentar uma tendência em ter maior densidade.

Analisando estatisticamente os dados, observa-se que houve diferença entre os clones e o clone 2 apresentou o maior valor médio, sendo diferente dos demais. Vale ressaltar que esse clone não apresentou cruzamento entre espécies diferentes, sendo ele o *Eucalyptus urophylla*.

Outro fator que pode ter influenciado na diferença estatística entre os clones foi a taxa de crescimento, pois segundo relatado por Susmel (1952), (1953) e (1954), a densidade da madeira foi função inversa da taxa de crescimento para o *Eucalyptus camaldulensis* em seus estudos e que pode ser observada para o clone 1 em virtude do maior diâmetro das toras e menor densidade. As diferentes procedências dos clones também podem ter provocado alterações na densidade da madeira, pois conforme descrito por Pryor et al. (1956), as propriedades da madeira dos híbridos interespecíficos (*Eucalyptus rossii* x *Eucalyptus robertsonii*) foram intermediárias às dos pais.

Observa-se que a densidade básica dos híbridos 1 e 3 foram semelhantes aos valores encontrados em outros estudos com o híbrido *E. grandis* x *E. urophylla* e também com espécies puras para idade próxima à dos clones, como o trabalho de

Medeiros et al. (2016) e Souza et al. (2011). Quando se compara com espécies de *Eucalyptus* de idades mais avançadas, como o estudo realizado por Lopes et al. (2011), os clones 2, 4 e 5 apresentaram o valor médio de densidade um pouco inferior.

Quanto à densidade aparente a 12% foi observada diferença estatística entre as médias dos clones, seguindo a mesma tendência da densidade básica (TABELA 5). Com destaque aos clones 2 e 4, com os maiores valores de densidade aparente. Vale ressaltar que novamente os cinco clones apresentaram valores médios semelhantes aos encontrados na literatura apresentando uma pequena variação entre eles em virtude de serem espécies diferentes e pela grande heterogeneidade presente na madeira desse gênero.

O valor médio encontrado para o clone 4 (*E. grandis*) foi próximo ao relatado pela NBR 7190 (ABNT, 1997) de $0,640 \text{ g.cm}^{-3}$, que visa a utilização de espécies na construção civil. O clone 2 (*E. urophylla*) apresentou valor pouco inferior à norma ($0,739 \text{ g.cm}^{-3}$), porém essa diferença não inabilita a utilização do clone na construção civil, mas o enquadra na classe de resistência inferior. A diferença observada entre os resultados da norma e dos clones, decorre da possibilidade de terem sido analisadas árvores de diferentes idades, da posição que foram retirados os corpos de prova e até mesmo da variabilidade genética existente no gênero.

Alguns autores comprovam a regularidade dos dados da densidade aparente a 12% dos cinco clones, como é o caso de Rocha (2000), estudando *E. grandis* com 12 anos e *E. dunnii* com 16,5 anos como fonte de matéria prima para serraria, que encontrou valores médios de $0,590$ e $0,800 \text{ g.cm}^{-3}$, respectivamente. Evangelista et al. (2010), avaliando algumas propriedades da madeira de *Eucalyptus urophylla* com 6,3 anos, no sentido radial e em duas posições no sentido longitudinal, encontraram o valor médio de $0,550 \text{ g.cm}^{-3}$ para a densidade aparente. Arantes (2009) determinando a variabilidade existente nas características da madeira de um clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* obteve resultados que variaram de $0,517$ a $0,589 \text{ g.cm}^{-3}$ para árvores de 6 anos.

De madeira geral, os cinco clones apresentaram densidade básica e aparente a 12% de acordo com suas respectivas espécies e idade. Podendo ser utilizadas em produtos de maior valor agregado que requerem menores valores de densidade e baixa intensidade de defeitos, como molduras e móveis. Além disso, os clones 2 e 4 pertencentes a classe C20 (NBR 7190), quanto a densidade básica e

aparente, podem ser indicados a fabricação de pisos com baixo trânsito e em uso estrutural como madeira roliça.

4.4.2 Retração da madeira

As retrações tangencial, radial, longitudinal e volumétrica, além do coeficiente de anisotropia dos dois clones puros e dos três híbridos de *Eucalyptus* estudados tem seus valores médios apresentados na TABELA 7. Observa-se que houve diferença estatística em todos os coeficientes de retração com exceção da anisotropia.

TABELA 7 – RETRAÇÃO TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL, VOLUMÉTRICA E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA PARA CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	β_t (%)	β_r (%)	β_l (%)	β_v (%)	CA
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	7,60 a (15,20)	4,40 a (27,53)	0,15 ab (69,14)	12,15 a (18,16)	1,78 (13,14)
2	<i>E. urophylla</i>	9,56 b (7,75)	6,52 b (9,77)	0,22 b (26,71)	16,31 b (6,63)	1,48 (13,35)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	8,01 a (10,42)	4,76 a (27,98)	0,08 a (47,55)	12,85 a (14,34)	1,77 (21,33)
4	<i>E. grandis</i>	8,58 ab (2,50)	5,44 ab (8,44)	0,13 ab (89,64)	14,15 ab (4,23)	1,59 (8,15)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	8,20 a (8,80)	4,87 a (11,18)	0,12 ab (69,38)	13,19 a (8,34)	1,69 (10,09)
P		0,0005*	0,0006*	0,0344*	0,0001*	0,0914 ^{ns}

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

*Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

LEGENDA: β_t : Contração tangencial; β_r : Contração radial; β_l : Contração longitudinal; β_v : Contração volumétrica; CA : Coeficiente de anisotropia.

Observando os dados referentes às retrações tangencial e radial (TABELA 7), nota-se que os clones 1 e 2 diferiram estatisticamente e apresentaram o maior e menor valor médio respectivamente. Observa-se também que os cinco clones estudados apresentaram médias semelhantes às observadas na literatura, tanto para a retração tangencial quanto para a radial, conforme apresentado na TABELA 8.

O clone 1 destaca-se por apresentar valor médio para a retração tangencial e radial inferior à literatura citada e aos outros clones estudados. Esse fato provavelmente se deve a este clone possuir menor densidade quando comparado aos demais, pois conforme relatado por Kollmann; Cotê (1968), Tsoumis (1991), Rocha (2000), Poubel et al. (2011) e Benin et al. (2017) a densidade é diretamente proporcional ao aumento das contrações da madeira. Basset (1994) explica que as madeiras mais densas, por terem maior concentração de células de paredes mais espessas, tendem a absorver mais água por unidade de volume e, conseqüentemente, contrair mais do que aquelas de menor densidade. Quanto à retração longitudinal, pode-se observar na TABELA 7 que o clone 3 apresentou o menor valor médio, enquanto o clone 2 o maior valor médio, sendo os únicos que diferiram estatisticamente entre si. Os demais clones apresentaram valores médios semelhantes e com baixa variação. Além disso, vale destacar que os valores médios encontrados foram inferiores aos observados na literatura (TABELA 8), podendo-se afirmar que a retração longitudinal dos cinco clones estudados não influenciarão na utilização da madeira serrada.

TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DA RETRAÇÃO TANGENCIAL, RADIAL, LONGITUDINAL, VOLUMÉTRICA E COEFICIENTE DE ANISOTROPIA DE ALGUNS TRABALHOS ENCONTRADOS NA LITERATURA PARA ESPÉCIES DO GÊNERO *Eucalyptus*.

Espécie	B tang. (%)	β radial (%)	β long. (%)	β vol. (%)	CA	Idade (anos)	Autor
<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	8,56	4,17	1,09	15,05	2,03	4	Medeiros et al. (2016)
<i>E. cloeziana</i>	11,16	7,08	0,26	19,68	1,60	10	Alves et al. (2017)
<i>E. camaldulensis</i>	6,91	4,70	0,77	12,38	1,55	4	Torres et al. (2016)
<i>E. dunnii</i>	14,08	5,91	-	21,28	2,38	18	Lopes et al. (2011)
<i>E. urophylla</i>	11,82	7,58	-	20,67	1,56	18	
<i>E. grandis</i>	8,40	4,83	-	14,13	1,74	18	
<i>E. urophylla</i>	8,10	4,4	0,29	12,5	1,9	6,3	Evangelista et al. (2010)
<i>E. saligna</i>	9,86	5,03	-	15,16	2,06	11	Batista et al. (2010)
<i>E. grandis</i>	9,25	4,60	-	14,10	2,05	11	
<i>E. dunnii</i>	12,74	5,70	-	18,71	2,36	11	

LEGENDA: β_t : Contração tangencial; β_r : Contração radial; β_l : Contração longitudinal; β_v : Contração volumétrica; CA : Coeficiente de anisotropia.

Observa-se ainda na TABELA 8 que nem todos os estudos apresentam os valores médios para a retração longitudinal, pois muitos autores os consideram dispensáveis por serem muito baixos e além disso, Torres et al. (2016) explicam que em função da pequena variação nas dimensões longitudinais dos corpos de prova e

da precisão do equipamento utilizado, tais medidas estão sujeitas a erros amostrais que podem provocar um alto coeficiente de variação, conforme apresentado na TABELA 7.

Analisando a retração volumétrica, o clone 1 (12,15%) apresentou o menor valor médio, sendo estatisticamente igual aos clones 3, 4 e 5. Nota-se que os valores médios foram elevados para os cinco clones, porém se tratando de espécies do gênero *Eucalyptus*, os valores encontrados foram normais e semelhantes aos observados na literatura (TABELA 8). Levando em consideração que são clones que possivelmente possuem apenas madeira juvenil em sua composição (10 anos), pode-se afirmar que os valores médios foram baixos. Esses valores se devem às densidades dos cinco clones terem sido classificadas como baixas ou médias, apresentando assim menor quantidade de madeira por volume e menor propensão à retração.

Contudo, de acordo com a classificação proposta por Klitzke (2019), todos os clones possuem baixa estabilidade dimensional, entre 12 a 15%, com exceção do clone 2 que é considerado muito instável por apresentar uma retração volumétrica maior que 15%.

Quanto ao coeficiente de anisotropia (TABELA 7), de maneira geral, nenhum clone apresentou coeficiente de anisotropia elevado, sendo esses valores médios iguais estatisticamente e inferiores quando comparados a outras espécies de *Eucalyptus* (TABELA 8). Esse fato se deve à proximidade dos valores médios encontrados para a retração tangencial e radial, que mesmo apresentando valores normais para o gênero *Eucalyptus* corroboraram para baixos valores médios do coeficiente de anisotropia. Além disso, observa-se que a diferença entre o maior e o menor valor foi de 0,30, sendo a variação entre os dois valores considerada pouco expressiva.

Analisando o clone 2 separadamente, nota-se na TABELA 7 que ele obteve os valores médios mais altos e estatisticamente diferentes dos demais para as quatro retrações analisadas, com exceção do clone 4. Esses resultados apontam que o clone 2 possui a madeira com maior instabilidade dimensional, além de apresentar uma maior redução de volume quando seca em relação aos outros clones.

Mas ainda assim, o clone 2 (*E. urophylla*) apresentou retração volumétrica inferior ao encontrado por Batista et al. (2010) para *E. saligna*, *E. grandis* e *E. dunnii*,

mesmo os autores tendo encontrado densidade básica inferior ($0,560 \text{ g.cm}^{-3}$) ao clone citado, sendo esse fato provocado, por serem espécies diferentes e consequentemente não apresentarem a mesma estrutura química e anatômica. Chafe (1987), corrobora que em seu trabalho a contração da madeira de *Eucalyptus* foi positivamente influenciada pelos teores dos polissacarídeos, sendo negativa a influência de teores de lignina e dos extrativos nessa propriedade.

Ao avaliar todos os resultados quanto à retração da madeira, os clones 1 e 3 foram destaque por apresentarem os menores valores médios para as retrações tangencial e radial e principalmente pelos baixos valores encontrados para a retração volumétrica, quando comparado aos outros clones e a literatura. Quanto ao coeficiente de anisotropia, os clones 1 e 3 apresentaram os maiores valores médios, porém foram iguais estatisticamente aos demais.

De maneira geral, os valores médios encontrados para as retrações tangencial, radial, longitudinal e volumétrica dos cinco clones foram consideradas semelhantes quando comparados aos valores médios encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*, demonstrando potencial da madeira destes materiais genéticos a concorrerem ou mesmo substituírem os *Eucalyptus* encontrados no mercado. Notou-se ainda baixos valores de coeficiente de anisotropia para todos os clones, sendo um indicativo, junto com a retração volumétrica, de estabilidade dimensional razoável levando em consideração que são espécies de *Eucalyptus*. Esses resultados contribuem também ao aumento da variabilidade de produtos em que esses clones podem ser transformados, destacando molduras, móveis e pisos de baixo trânsito.

4.5 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Na TABELA 9 estão apresentados os valores médios das propriedades mecânicas dos cinco clones de *Eucalyptus*, sendo representados pela resistência e rigidez à compressão paralela às fibras, resistência e rigidez à flexão estática, resistência ao cisalhamento e pela dureza Janka nos três planos anatômicos da madeira (longitudinal, radial e tangencial).

TABELA 9 - RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA DE CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	f _{c0} (MPa)	E _{c0} (MPa)	f _M (MPa)	E _{M0} (MPa)	f _v (MPa)	f _{H0} (N)	f _{HRadial} (N)	f _{HTang.} (N)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	36 c (6,64)	12015 b (12,56)	67 b (20,88)	8256 b (19,01)	8 b (16,90)	3697 cd (16,96)	2554 bc (22,76)	2847 bc (24,14)
2	<i>E. urophylla</i>	47 a (5,84)	14291 a (20,34)	91 a (18,72)	12828 a (17,89)	11 a (12,10)	4639 ab (13,44)	3567 a (14,83)	3442 ab (24,35)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	36 c (8,23)	10121 c (16,33)	62 b (14,01)	8522 b (21,53)	10 a (12,93)	3499 d (17,72)	2169 c (14,46)	2542 c (36,91)
4	<i>E. grandis</i>	42 b (10,37)	12314 b (19,63)	90 a (21,46)	11832 a (16,15)	11 a (13,82)	5042 a (8,90)	3724 a (10,76)	3700 a (13,57)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	40 b (9,95)	9590 c (20,34)	71 b (11,93)	9367 b (14,66)	11 a (9,28)	4199 bc (13,39)	2975 b (23,17)	3202 ab (16,40)
P		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação.

*Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

LEGENDA: f_{c0}= resistência à compressão paralela às fibras; E_{c0}= módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; f_M= resistência à flexão estática; E_{M0}= módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; f_v= resistência ao cisalhamento; f_{H0}= dureza da madeira na direção paralela às fibras; f_{HRadial}= dureza da madeira na direção radial; f_{HTangencial}= dureza da madeira na direção tangencial.

Analisando os dados apresentados na TABELA 9, pode-se destacar que os valores médios apresentados em todas as análises foram inferiores à alguns trabalhos encontrados na literatura como Morales et al. (2017) estudando *Eucalyptus grandis* com 10 anos de idade, porém semelhante a Cruz et al. (2003) estudando sete clones de *Eucalyptus*, sendo dois *E. urophylla* com 10,5 anos de idade. A variação das propriedades mecânicas da madeira dos cinco clones, quando comparados a literatura, se devem provavelmente, pela diferença da densidade das espécies e/ou clones avaliados.

Em relação à compressão paralela às fibras, a média geral para os cinco clones foi de 40,2 MPa e 11666,2 MPa para a resistência e rigidez, respectivamente. Essa média encontrada para os cinco clones e a média individual de cada clone foram inferiores aos valores encontrados por Moura et al. (2012), por se tratarem de *E. grandis* com idade superior (18 anos) àquelas avaliadas nesse estudo e também por Gonçalves et al. (2009) estudando um clone *E. urophylla* x *E. grandis* com 10 e 18 anos de idade, porém superiores a Muller et al. (2014) estudando *E. benthamii* com seis anos de idade.

Em relação à NBR 7190 (ABNT, 1997), os clones 2 e 4 apresentaram valores médios semelhantes aos determinados pela norma para o *E. urophylla* e *E. grandis*, respectivamente. A norma também estabelece parâmetros para a classificação de dicotiledôneas de acordo com a resistência obtida nos ensaios de compressão paralela às fibras onde os clones 2, 4 e 5 se enquadraram na classe C 40 e clones 1 e 2 na classe C 30.

Para a flexão estática, a média geral para os cinco clones foi de 76,2 MPa e 10161 MPa, para a resistência e rigidez, respectivamente. Os clones 2 e 4 destacaram-se com 91 MPa e 90 MPa para resistência e 12828 MPa e 11832 MPa para rigidez. Esses valores médios foram superiores aos encontrados por Haselein et al. (2002) que também estudaram clones de 10 anos, porém da espécie *Eucalyptus saligna*. Essa diferença pode ter sido provocada pela densidade aparente a 12% ($0,435 \text{ g.cm}^{-3}$) do clone de *E. saligna* ser inferior a densidade dos clones 2 e 4 e semelhante aos valores médios encontrado por Beltrame et al. (2015) ao avaliaram 29 clones de *Eucalyptus* spp. com três e sete anos de idade, dentre eles clones de *E. grandis* x *E. grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*.

Para a resistência ao cisalhamento, foi observada pouca variação nos valores médios dos clones, com destaque aos clones 2, 3, 4 e 5 que apresentaram-se superiores estatisticamente ao clone 1. Essa diferença pode ser explicada novamente pela maior densidade dos quatro clones em relação ao clone 1. Os clones estudados obtiveram média geral (10,2 MPa) superior à encontrada por Beltrame et al. (2015) de 8,22 MPa para 29 clones de *Eucalyptus* spp. e semelhante ao encontrado por Morales et al. (2017), de 10,5 Mpa, ao avaliarem as propriedades físico-mecânicas de *Eucalyptus grandis* de 10 anos em três alturas.

De acordo a NBR 7190 (ABNT, 1997), para a classificação de resistência das dicotiledôneas, todos os clones estão na classe de qualidade C 60, que exige resistência mínima ao cisalhamento de 8 MPa. Ainda de acordo com a norma brasileira e com os valores referenciados para *E. grandis* (7 MPa) e *E. urophylla* (8,3 MPa), todos os clones obtiveram valores médios superiores para pelo menos uma das espécies citadas, sobressaltando o potencial dos cinco clones para a utilização em peças cavilhadas e encaixadas que solicitam a resistência ao cisalhamento. Além disso, as médias encontradas para os clones 2, 3 e 4, podem ser comparadas a espécies nativas como angelim pedra (*Dinizia excelsa*) com 11,3 MPa e a

canafístula (*Cassia ferruginea*) com 11,1 MPa, conforme descrito na NBR 7190 (ABNT, 1997).

Os valores médios observados para a dureza Janka (TABELA 9) demonstraram diferenças estatísticas nos três planos anatômicos avaliados, destacando-se o clone 4 estatisticamente igual ao clone 2, com maior força para os três planos anatômicos.

Em relação aos valores médios encontrados para a dureza Janka longitudinal, os resultados médios foram semelhantes aos encontrados por Xavier (2008) para as espécies *E. grandis*, *E. pellitta* e *E. citriodora*. O autor também encontrou os melhores valores médios para essa propriedade nas espécies que apresentaram densidade mais elevada.

Segundo a classificação proposta pela Associação Nacional de Pisos de Madeira – ANPM (2015) citada por Marchesan (2016) para as principais espécies tropicais utilizadas para a fabricação de pisos, os clones puros (2 e 4) são considerados de média dureza por apresentarem valores médios de 3883 N e 4155 N, respectivamente, sendo essa propriedade mecânica importante para identificar se a madeira dos clones é adequada para utilização como piso.

Analisando as propriedades mecânicas de modo geral, os clones 2 e 4 foram os que obtiveram melhores resultados médios quando comparados aos demais clones, em virtude dos mesmos possuírem maior densidade e, conseqüentemente, maior resistência mecânica. Quanto aos outros clones, todos apresentaram resultados satisfatórios para todas as propriedades mecânicas analisadas, levando em consideração que o material genético é novo (10 anos), não impedindo a utilização dos cinco clones em funções que necessitem resistência mecânica. Além disso, os clones apresentaram o melhor comportamento quando submetidos ao ensaio de cisalhamento, sendo classificados, segundo a NBR 7190 (ABNT, 1997), na classe de maior resistência (C60). Entretanto, levando em consideração os ensaios mecânicos (resistência e rigidez a compressão paralela as fibras e cisalhamento paralelo as fibras) utilizados pela norma brasileira para definir a classe de resistência das dicotiledôneas, os clones 1, 3, 4 e 5 foram classificados na classe C20, enquanto o clone 2 enquadrou-se na classe C30.

4.6 QUALIDADE DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA – TÉCNICA *Sunset Laser*

Na TABELA 10 estão apresentados os valores médios decorrentes da análise da qualidade da superfície da madeira dos cinco clones por meio da técnica do *sunset laser*, na qual pode ser observado que a variação do valor médio obtido pela menor área para a maior área foi levemente acentuado. Destaca-se os clones 2 e 5 com as menores áreas de defeitos e os clones 1, 3 e 4 com valores médios aproximados e estatisticamente iguais entre si, entretanto, com as maiores áreas de defeitos.

TABELA 10 - VALORES MÉDIOS DA QUALIDADE DA SUPERFÍCIE DA MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus* POR MEIO DA TÉCNICA DO *sunset laser*.

Clone	Espécie	Área do defeito (%)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	19,57 b (8,68)
2	<i>E. urophylla</i>	14,53 a (21,67)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	19,68 b (11,32)
4	<i>E. grandis</i>	21,01 b (25,93)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	13,59 a (12,80)
P		0,000*

FONTE: O autor (2018)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Os valores médios obtidos para a análise da qualidade de superfície pela técnica do *sunset laser* variaram de 13,59 a 21,01% para os clones 5 e 4, respectivamente. De modo geral, os valores médios foram considerados elevados e ocorreram devido a velocidade de avanço utilizada no aplainamento da madeira. Porém, comparando com pesquisas que utilizaram velocidade de avanço semelhante a esse estudo, as médias encontram-se semelhantes a outras espécies do gênero *Eucalyptus*.

Muller (2018) avaliando a qualidade de superfície de cinco espécies de *Eucalyptus* resistentes a geada, encontrou valores que variaram de 19,46 a 21,36% para o *E. dunnii* e *E. deanei*, respectivamente, utilizando velocidade de avanço de 15 m/min e Oliveira et al. (2015) ao avaliarem piso pronto para o uso encontraram valor médio para área de defeito de apenas 0,13% pelo fato do acabamento melhorar a qualidade da superfície e diminuir a área de defeito.

Observa-se também que houve diferença estatística entre os clones sugerindo uma melhor qualidade de superfície para os clones 2 e 5. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela uniformização da velocidade de avanço para todos os clones, não sendo realizado ajustes nesse parâmetro de corte de acordo com a densidade de cada clone. Outro fato que pode ter influenciado a qualidade da superfície foi o desgaste das facas da plaina durante o processo de aplainamento da madeira. Silva et al. (2009) corrobora que outra possível explicação são as condições de vibrações das máquinas e trepidações dos corpos de prova durante o aplainamento da madeira.

De madeira geral, os valores médios da análise da qualidade da madeira serrada por meio da técnica do *sunset laser* foram considerados elevados, mas, semelhantes aos encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*. Sugerindo-se novos ensaios com a velocidade de avanço da plaina de acordo com a densidade de cada clone.

4.7 SIMULAÇÃO DE PISO DE MADEIRA MACIÇA EM SERVIÇO

4.7.1 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Na TABELA 11 estão apresentados os valores médios do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas para os cinco clones de *Eucalyptus*, onde pode ser verificado que os valores médios encontrados para os cinco clones foram diferentes estatisticamente, sendo os clones 2, 4 e 5 superiores aos clones 1 e 3.

Observa-se na TABELA 11, que os valores médios para os cinco clones variaram de 0,0657 a 0,1337 mm para os clones 2 e 1, respectivamente. Esses valores são semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2010) avaliando a madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus urophylla*, com 10 e 11 anos, obtiveram valores médios que variaram de 0,045 a 0,111 mm e inferiores a Padilha et al. (2006), estudando 7 clones de *E. urophylla* com 8 anos de idade, alcançaram um valor médio de 0,059 mm para endentação e Martins et al. (2013) utilizando *Eucalyptus cloeziana* (0,023 mm), *Eucalyptus microcorys* (0,050 mm) e de *Corymbia maculata* (0,043 mm), com densidade e idade mais elevadas do que os cinco clones, encontraram menores depressões. Oliveira (2016) estudando pisos

comerciais encontrou depressão de 0,016 mm para sucupira e apenas ranhuras superficiais nos pisos de cumaru e ipê, sendo esses resultados melhores aos encontrados para os cinco clones por serem espécies com densidade alta e elevada dureza.

TABELA 11 - VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE ENDENTAÇÃO CAUSADA POR CARGAS APLICADAS EM PEQUENAS ÁREAS APÓS 100 VIAGENS SOBRE A MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	100 viagens (mm)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,1337 b (57,57)
2	<i>E. urophylla</i>	0,0657 a (41,25)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,1224 b (42,77)
4	<i>E. grandis</i>	0,0890 a (64,22)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,0822 a (49,98)
P		0,000*

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Destaca-se que a superioridade dos clones 2, 4 e 5 já era esperada, uma vez que os três clones possuem densidades classificadas como médias, enquanto os clones 1 e 3 apresentaram densidades leves, além disso, a densidade e o ensaio de endentação obtiveram elevada correlação de Pearson (Anexo 1). Santos et al. (2010) também observaram melhores resultados médios para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas em amostras com maior densidade. Os valores médios obtidos para a dureza Janka também foram superiores para os clones 2, 4 e 5, podendo-se comprovar a sua influência sobre o ensaio de endentação pela alta correlação de Pearson (Anexo 1).

Os coeficientes de variação apresentados na TABELA 11 ficaram entre 41,25 e 64,22%, sendo considerados elevados e podendo ser explicados devido à heterogeneidade da madeira e da densidade que o gênero *Eucalyptus* possui no sentido radial e longitudinal da mesma árvore, além das variações encontradas entre árvores, mesmo sendo da mesma espécie. Foelkel et al. (1990) corroboram que, embora a densidade básica tenha sido destacada como característica generalista sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus*, ou seja, parâmetro universal de sua qualidade, por explicar o comportamento físico-mecânico, é preciso considerar a existência da variabilidade dentro de uma mesma árvore e entre elas.

De maneira geral, os valores médios encontrados para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas estão de acordo com os valores médios encontrados para outras espécies de *Eucalyptus* com idades e densidades semelhantes. Entretanto, os cinco clones ainda apresentam baixa resistência para serem indicados para a utilização como piso com trânsito pesado, porém os clones 2 pode ser indicado para pisos de baixo trânsito.

4.7.2 Ensaio de carga rolante

Na TABELA 12 estão apresentados os valores médios correspondentes ao ensaio de carga rolante após 10, 25 e 50 viagens. O clone 2 apresentou o menor e melhor valor médio, sendo estatisticamente igual aos clones 4 e 5 após 10 e 50 viagens. Já os clones 1 e 3 apresentaram os maiores e piores valores para as três viagens testadas sendo sempre estatisticamente iguais entre si.

TABELA 12 - VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE CARGA ROLANTE APÓS 10, 25 E 50 VIAGENS DO EQUIPAMENTO SOBRE A MADEIRA DE CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	10 viagens (mm)	25 viagens (mm)	50 viagens (mm)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,906 Ab (25,02)	1,096 Bc (24,14)	1,249 Cb (23,28)
2	<i>E. urophylla</i>	0,434 Aa (40,26)	0,524 ABa (38,28)	0,604 Ba (35,10)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,869 Ab (30,62)	1,106 Bc (28,80)	1,281 Cb (27,33)
4	<i>E. grandis</i>	0,515 Aa (28,71)	0,622 Bab (27,73)	0,733 Ca (27,68)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,486 Aa (36,70)	0,642 Bb (34,45)	0,723 Ba (39,60)
P		0,000*	0,000*	0,000*

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Observa-se na TABELA 12 que os valores médios obtidos para o ensaio de carga rolante após 10 viagens variaram de 0,434 a 0,906 mm, para 25 viagens variaram de 0,524 a 1,106 mm e para 50 viagens de 0,604 a 1,281 mm. Sendo essas depressões maiores as encontradas na literatura para outras espécies do gênero *Eucalyptus* que apresentam densidade superiores aos cinco clones. Sem citar o valor médio encontrado para a densidade, Padilha et al. (2006), encontraram

depressões mais elevadas (2,5 a 4,8 mm) após as 50 viagens, estudando sete clones de *Eucalyptus urophylla*. Já Martins et al. (2013) e Santos et al. (2010) avaliando espécies de *Eucalyptus* com densidade superiores aos cinco clones, obtiveram menores valores médios de depressão para o ensaio de carga rolante. Oliveira (2016) também obteve menores valores de depressões quando avaliou pisos comerciais de ipê, cumaru, sucupira e amêndola, onde os valores variaram de 0,035 mm após a décima viagem para ipê a 0,458 mm após a quinquagésima viagem para a amêndola.

Para os três períodos de viagens avaliados no ensaio de carga rolante foram observadas diferenças estatísticas entre os clones. Novamente os clones 2, 4 e 5 apresentaram menores valores médios de depressão sendo influenciados pela densidade e dureza Janka com elevada correlação de Pearson (Anexo 1).

Quando se analisa o número de viagens, observa-se diferença estatística para todos os clones e também aumento na intensidade das depressões com o aumento das viagens em todos os clones da mesma forma que observado por Santos et al. (2010), Martins et al. (2013), Blanco-Flórez et al. (2015), Marchesan (2016) e Oliveira (2016). Este fato já era esperado, pois conforme explicado por Tsoumis (1991), quando ocorre o ensaio de carga rolante, as fibras que compõem a madeira são achatadas, sofrendo deformação e esmagamento conforme aumentam o número de viagens, avançando gradualmente desde a superfície para o interior da madeira, aumentando consequentemente a intensidade das depressões.

Outro fato a ser destacado foi a diferença numérica entre o clone com menor depressão (clone 2) e o clone com maior depressão (clone 1), que foi, após 10 e 25 viagens, de 0,5 mm. Entretanto, quando se avalia as 50 viagens, a diferença sobe para 0,6 mm, indicando que quanto maior a movimentação sobre o piso, possivelmente maior será a diferença entre os dois clones, até o momento em que o número de viagens irá comprimir a madeira numa intensidade que não ocorrerá mais deformações, para essa carga.

De maneira geral, os valores médios de depressões para o ensaio de carga rolante dos cinco clones foram maiores do que os valores médios encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus*, sendo explicado pelos menores valores médios de densidade dos cinco clones avaliados. Em virtude dos resultados encontrados e do comportamento dos cinco clones nesse ensaio, não se recomenda a utilização

dos mesmos como piso em ambientes com trânsito pesado, apenas o clone 2 pode ser indicado a ser utilizado como piso em ambientes de baixo trânsito.

4.7.3 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

Na TABELA 13 estão apresentadas as deformações que os cinco clones apresentaram no ensaio do impacto da esfera de aço cadente nas quatro alturas avaliadas. Analisando as diferentes alturas, pode-se destacar que houve diferenças estatísticas em todos os clones, entretanto nota-se que sempre duas alturas apresentaram-se iguais estatisticamente, podendo ter acontecido pela variabilidade da densidade e consequentemente resistência dos corpos de prova, também por não ter ocorrido distinção entre amostras no sentido radial ou tangencial e até mesmo a variação da quantidade de cerne/alburno nos corpos de prova, fazendo com que a altura não aumentasse a intensidade da depressão provocada pela esfera.

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DO IMPACTO DA ESFERA DE AÇO CADENTE SOBRE A MADEIRA DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus* EM QUATRO ALTURAS DIFERENTES.

Clone	Espécie	Depressão a 30 cm (mm)	Depressão a 110 cm (mm)	Depressão a 150 cm (mm)	Depressão a 180 cm (mm)
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,139 Aa (26,34)	0,529 Bb (18,48)	0,557 Bb (27,46)	0,642 Cb (20,09)
2	<i>E. urophylla</i>	0,132 Aa (24,92)	0,384 Ba (15,79)	0,443 Ba (25,20)	0,572 Cab (29,46)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,143 Aa (33,56)	0,443 Ba (21,43)	0,530 Bab (40,96)	0,822 Cc (20,52)
4	<i>E. grandis</i>	0,132 Aa (24,14)	0,388 Ba (25,07)	0,522 Cab (15,39)	0,512 Ca (24,11)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,144 Aa (30,27)	0,411 Ba (22,51)	0,526 Cab (24,63)	0,583 Cab (21,09)
P		0,4708 ^{ns}	0,000*	0,0211*	0,000*

FONTE: O autor (201)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna ou mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Observa-se que para as depressões causadas a 30 cm de altura não foi constatada diferença estatística entre os clones, podendo destacar que eles apresentaram valores médios muito próximos.

Para os ensaios realizados a 110 cm de altura observa-se que os clones 2 e 1 apresentaram as menores e maiores depressões, respectivamente. Os valores médios observados para todos os clones, com exceção do clone 1, foram estatisticamente iguais.

Quanto aos valores médios obtidos para as depressões ocasionadas pela esfera de aço cadente a 150 cm, novamente o clone 2 apresentou a menor depressão e o clone 1 a maior depressão, sendo diferentes estatisticamente. Os clones 3, 4 e 5 apresentaram valores médios semelhantes entre si e estatisticamente iguais aos clones 1 e 2.

Diferentemente das outras alturas, as depressões ocasionadas pela queda da esfera de aço cadente a 180 cm foram mais acentuadas no clone 3 e mais leves no clone 4. Porém os clones 2 e 5 continuaram a fazer parte do grupo dos clones que obtiveram os melhores valores médios de depressão e pela primeira vez o clone 1 apresentou um valor intermediário ao maior e menor valor médio de depressão.

Observa-se que os valores médios variaram de 0,132 (clone 2 e 4) a 0,822 mm (clone 3) para as alturas 30 cm e 180 cm, depressões essas que foram superiores as encontradas por Padilha et al. (2006), Santos et al. (2010) e Martins et al. (2013) para outras espécies do gênero *Eucalyptus* e também por Oliveira (2015) estudando pisos comerciais prontos para serem utilizados de cumaru, ipê, sucupira e amêndola, sendo que essas diferenças podem ter sido em razão da menor densidade dos cinco clones.

Da mesma forma que para os outros ensaios de simulação de piso em serviço, o impacto da esfera de aço cadente foi influenciado pelos valores médios encontrados para densidade e dureza Janka com elevada correlação de Pearson (Anexo 1), onde os clones 2, 4 e 5 que apresentaram maiores valores médios para esses dois ensaios obtiveram menores depressões.

De maneira geral, os cinco clones apresentaram maiores valores de depressão para o ensaio de impacto de esfera de aço cadente quando comparados a outros estudos realizados com espécies do gênero *Eucalyptus*, devido à influência dos valores de densidade. Em função dos resultados obtidos, os cinco clones não podem ser recomendados para a confecção de pisos utilizados em ambientes de trânsito pesado, apenas o clone 2 pode ser indicado para a produção de pisos utilizados em ambientes com baixo trânsito.

4.7.4 Ensaio de Atrito

Os valores médios do coeficiente de atrito estático e dinâmico são dispostos na TABELA 14. Para o coeficiente de atrito estático, observa-se que os valores médios foram semelhantes, sendo os clones 2 e 4 responsáveis pelo maior e menor valor respectivamente. Os clones 2 e 4 foram diferentes estatisticamente, enquanto os demais, todos híbridos, apresentaram-se iguais estatisticamente. Porém, para o coeficiente de atrito dinâmico, o clone 3 apresentou o maior valor médio e o clone 5 o menor valor médio, sendo diferentes estatisticamente. Os clones 1, 2 e 4 apresentaram-se iguais estatisticamente, porém o clone 1 também se igualou estatisticamente ao clone 5 e os clones 2 e 4 ao clone 3 que possui maior valor médio.

TABELA 14 - VALORES MÉDIOS DO ENSAIO DE ATRITO, REPRESENTADOS PELO COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO E DINÂMICO DOS CINCO CLONES DE *Eucalyptus*.

Clone	Espécie	Coeficiente estático	Coeficiente dinâmico
1	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,52 ab (21,50)	0,33 bc (24,83)
2	<i>E. urophylla</i>	0,59 a (19,13)	0,36 ab (26,91)
3	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,56 ab (27,12)	0,40 a (17,51)
4	<i>E. grandis</i>	0,50 b (28,62)	0,37 ab (20,26)
5	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	0,54 ab (18,16)	0,31 c (27,67)
P		0,0171*	0,000*

FONTE: O autor (2019)

NOTA: Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade. Valores entre parênteses referem-se ao coeficiente de variação. *Significativo a 5% de significância ($p < 0,05$), ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Observa-se na TABELA 14, que os valores médios do atrito estático e dinâmico variaram de 0,50 (clone 4) a 0,59 (clone 2) e 0,31 (clone 5) a 0,40 (clone 3), respectivamente. Esses valores foram melhores do que os encontrados na literatura para outras espécies do gênero *Eucalyptus*. Padilha et al. (2006) corrobora que materiais genéticos com os maiores coeficientes de atrito possuem melhor desempenho, uma vez que suas madeiras serão mais confortáveis e seguras ao caminhar.

Padilha et al. (2006) encontraram para sete clones de *Eucalyptus urophylla* resultados inferiores aos cinco clones para os coeficientes de atrito estático e dinâmico de 0,376 e 0,230, respectivamente. Martins et al. (2013) também obtiveram resultados médios inferiores para o atrito estático e dinâmico quando comparados aos cinco clones para *E. cloeziana* (0,25 e 0,15), *E. microcorys* (0,28 e 0,13) e *C. maculata* (0,34 e 0,19).

Para o coeficiente estático, observa-se que houveram diferenças estatísticas entre os clones. Podendo-se ressaltar que esses resultados demonstram que a madeira do clone 4, apresentou a superfície que proporciona a maior facilidade em iniciar o movimento, enquanto a madeira do clone 2 a superfície mais apropriada para que não ocorra escorregamentos e as madeiras dos clones 1, 3 e 5 apresentaram superfícies intermediárias aos clones 2 e 4.

Para o coeficiente dinâmico, também se observou diferença estatística entre os clones, porém a diferença foi observada entre os clone 3 e 5. Sendo a madeira dos clones 2, 3 e 4 mais indicada para não ocorrer deslizamentos durante o movimento e a madeira dos clones 1 e 5, responsáveis pela maior facilidade em continuar o movimento.

A diferença estatística entre os clones pode ter acontecido devido ao tipo de grã de cada clone, ou ainda, devido a presença de nós em alguns corpos de prova que no momento do aplainamento sofreram arrepiamento. A baixa correlação de Pearson (Anexo 1) existente entre o coeficiente de atrito estático e dinâmico com a qualidade da superfície da madeira pela técnica do *sunset laser*, rejeitou a hipótese da influência entre eles.

De modo geral, os cinco clones apresentaram valores médios para o atrito estático e dinâmico melhores do que encontrados na literatura para o gênero *Eucalyptus* independentemente da idade ou da densidade apresentada, podendo indicar os cinco clones para a utilização como piso, levando em consideração os coeficientes de atrito estático e dinâmico.

4.8 CLASSIFICAÇÃO DO MELHOR CLONE

Na TABELA 15 estão apresentadas todas as variáveis analisadas, seguidas das notas atribuídas referentes à análise estatística e ao somatório que classifica o melhor clone. De maneira geral, observa-se que os clones 2 e 4 apresentaram os

melhores somatórios quando analisadas todas as variáveis. Seus resultados foram muito próximos, 159 e 157 pontos, respectivamente. A superioridade desses clones se deve principalmente às maiores pontuações para as propriedades físicas, propriedades mecânicas, qualidade da tora e ensaios para utilização como piso.

TABELA 15 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.

(continua)						
Variável		Clone 1	Clone 2	Clone 3	Clone 4	Clone 5
Prop. Físicas	Densidade básica (g.cm ⁻³)	2,0	5,0	2,5	4,0	3,5
	Densidade aparente 12% (g.cm ⁻³)	3,0	5,0	3,0	4,5	3,5
	Retração Tangencial (%)	5,0	4,0	5,0	4,5	5,0
	Retração Radial (%)	5,0	4,0	5,0	4,5	5,0
	Retração Longitudinal (%)	4,5	4,0	5,0	4,5	4,5
	Retração Volumétrica (%)	5,0	4,0	5,0	4,5	5,0
	Coefficiente de anisotropia	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Subtotal		29,5	31,0	30,5	31,5	31,5
Prop. Mec.	Compressão paralela as fibras - MOE (MPa)	3,0	5,0	3,0	4,0	4,0
	Compressão paralela as fibras - MOR (MPa)	4,0	5,0	3,0	4,0	3,0
	Flexão estática - MOR (MPa)	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0
	Flexão estática - MOE (MPa)	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0
	Cisalhamento (MPa)	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Dureza Janka longitudinal (N)	2,5	4,5	2,0	5,0	3,5
	Dureza Janka radial (N)	3,5	5,0	3,0	5,0	4,0
	Dureza Janka tangencial (N)	3,5	4,5	3,0	5,0	4,5
Subtotal		28,5	39,0	27,0	38,0	32,0
Qual. Toras	Porcentagem de Cerne (%)	5,0	5,0	4,0	5,0	3,0
	Índice de rachadura de topo de tora (%)	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0
	Subtotal		8,0	9,0	9,0	10,0
Qual. Madeira Serrada	Arqueamento Verde (mm/m)	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0
	Arqueamento Seco (mm/m)	5,0	4,5	4,0	4,5	4,5
	Encurvamento Verde (mm/m)	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0
	Encurvamento Seco (mm/m)	5,0	4,5	4,0	4,5	4,0
	Índice de rachadura de topo de tábua verde(%)	3,0	3,0	5,0	4,5	4,0
	Índice de rachadura de topo de tábua seco (%)	4,0	4,0	5,0	4,5	4,5
	Subtotal		27,0	26,0	28,0	26,0
Piso	Endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas (mm)	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0
	Carga Rolante 10 viagens (mm)	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0
	Carga Rolante 25 viagens (mm)	3,0	5,0	3,0	4,5	4,0

TABELA 15 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO A ANÁLISE ESTATÍSTICA.

Variável	(conclusão)				
	Clone 1	Clone 2	Clone 3	Clone 4	Clone 5
Impacto da Esfera de Aço Cadente 30 cm (mm)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Impacto da Esfera de Aço Cadente 110 cm (mm)	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Impacto da Esfera de Aço Cadente 150 cm (mm)	4,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Impacto da Esfera de Aço Cadente 180 cm (mm)	4,0	4,5	3,0	5,0	4,5
Atrito - Coef. Estático	4,5	5,0	4,5	4,0	4,5
Atrito - Coef. Dinâmico	3,5	4,5	5,0	4,5	3,0
Sunset Laser (%)	4,0	5,0	4,0	4,0	5,0
Subtotal	44,0	54,0	46,0	51,5	50,5
SOMATÓRIO TOTAL	137	159	140,5	157	147

FONTE: O autor (2019).

Em relação aos somatórios apresentados na TABELA 15, destaca-se as propriedades físicas que variaram apenas de 29,5 (clone 1) a 31,5 (clone 4 e 5) sendo valores bem aproximados e demonstrando homogeneidade entre os cinco clones. O somatório das propriedades mecânicas variaram de 27 (clone 3) a 39 (clone 2) apresentando maior heterogeneidade entre os clones. Observa-se que os clones 2 e 4 que obtiveram maiores somatórios para as propriedades mecânicas também obtiveram maiores densidades, podendo-se comprovar a influência pelo elevado valor da correlação de Pearson (Anexo 2) entre o subtotal das propriedades mecânicas com a densidade.

O subtotal da qualidade das toras variou de 8 (clones 1 e 5) a 10 (clone 4) pontos, a pequena variação se deve ao baixo número de variáveis analisadas para a determinação da qualidade das toras, além disso, a maior correlação existente com a qualidade das toras foram as propriedades mecânicas, porém ainda se apresentando baixa (Anexo 2).

Para a madeira serrada o subtotal variou de 25 a 28 pontos, para os clones 5 e 3, respectivamente. Foi observada pouca variação entre os clones, demonstrando homogeneidade, além disso, destaca-se que o clone 3 não recebeu nenhuma nota abaixo de 4, os clones 4 e 5 não receberam nenhuma nota 5 e os clones 1 e 2 receberam nota 3 para o índice de rachadura de topo das tábuas verdes o que provocou redução no subtotal. Quanto a influência das outras análises

sobre a qualidade da madeira serrada, pode-se destacar as propriedades físicas com correlação de Pearson inversamente proporcional.

Quanto as análises realizadas para piso, os subtotais variaram de 44 a 54 pontos para os clones 1 e 2, respectivamente. Observa-se que os clones que apresentaram os maiores subtotais, também foram aqueles que tiveram maiores densidades. Destaca-se também a elevada influência, por meio da correlação de Pearson (Anexo 2), das propriedades físicas, principalmente a densidade e mecânicas sobre os ensaios realizados para utilização da madeira como piso.

Na TABELA 16 são apresentadas as variáveis analisadas, levando em consideração os valores absolutos e o somatório para a classificação do melhor clone. De modo geral, novamente os clones 2 e 4 apresentaram o maior somatório, entretanto, a diferença observada entre eles, foi de 3 pontos. O clone 1 continuou apresentando o menor somatório (94 pontos) e o clone 2 o maior somatório (143 pontos) em relação aos cinco clones

TABELA 16 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS VALORES ABSOLUTOS.

(continua)

Variável		Clone 1	Clone 2	Clone 3	Clone 4	Clone 5
Prop. Físicas	Densidade básica (g.cm ⁻³)	1	5	2	4	3
	Densidade aparente 12% (g.cm ⁻³)	1	5	2	4	3
	Retração Tangencial (%)	5	1	4	2	3
	Retração Radial (%)	5	1	4	2	3
	Retração Longitudinal (%)	2	1	5	3	4
	Retração Volumétrica (%)	5	1	4	2	3
	Coeficiente de anisotropia	1	5	2	4	3
Subtotal		20	19	23	21	22
Prop. Mec.	Compressão paralela as fibras - MOE (MPa)	3	5	2	4	1
	Compressão paralela as fibras - MOR (MPa)	2	5	2	4	3
	Flexão estática - MOR (MPa)	2	5	1	4	3
	Flexão estática - MOE (MPa)	1	5	2	4	3
	Cisalhamento (MPa)	3	5	4	5	5
	Dureza Janka longitudinal (N)	2	4	1	5	3
	Dureza Janka radial (N)	2	4	1	5	3
	Dureza Janka tangencial (N)	2	4	1	5	3
Subtotal		17	37	14	36	24
Qual. Toras	Porcentagem de Cerne (%)	5	3	2	4	1
	Índice de rachadura de topo de tora (%)	2	3	5	4	5
	Subtotal	7	6	7	8	6

TABELA 16 – ATRIBUIÇÃO DE NOTAS PARA TODAS AS VARIÁVEIS ANALISADAS PARA DESIGNAR O MELHOR CLONE LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO OS VALORES ABSOLUTOS.

		(conclusão)				
	Variável	Clone 1	Clone 2	Clone 3	Clone 4	Clone 5
Qual. Madeira Serrada	Arqueamento Verde (mm/m)	4	5	3	1	2
	Arqueamento Seco (mm/m)	5	2	1	4	3
	Encurvamento Verde (mm/m)	5	3	4	2	1
	Encurvamento Seco (mm/m)	5	4	2	3	1
	Índice de rachadura de topo de tábua verde(%)	1	2	5	4	3
	Índice de rachadura de topo de tábua seco (%)	1	2	5	4	3
	Rendimento Verde (%)	3	4	1	5	2
	Rendimento Seco (%)	3	4	1	5	2
	Rendimento Líquido Verde (%)	1	2	4	5	3
	Rendimento Líquido Seco (%)	1	2	4	5	3
Subtotal		29	30	30	38	23
Piso	Endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas (mm)	1	5	2	3	4
	Carga Rolante 10 viagens (mm)	1	5	2	3	4
	Carga Rolante 25 viagens (mm)	2	5	1	4	3
	Carga Rolante 50 viagens (mm)	2	5	1	3	4
	Impacto da Esfera de Aço Cadente 30 cm (mm)	4	5	3	5	2
	Impacto da Esfera de Aço Cadente 110 cm (mm)	1	5	2	4	3
	Impacto da Esfera de Aço Cadente 150 cm (mm)	1	5	2	4	3
	Impacto da Esfera de Aço Cadente 180 cm (mm)	2	4	1	5	3
	Atrito - Coef. Estático	2	5	4	1	3
	Atrito - Coef. Dinâmico	2	3	5	4	1
	Sunset Laser (%)	3	4	2	1	5
Subtotal		21	51	25	37	35
SOMATÓRIO		94	143	99	140	110

FONTE: O autor (2019)

O somatório para as propriedades físicas ficaram entre 19 (clone 2) e 23 (clone 3), observa-se que o clone 3 não obteve nenhuma nota 1, enquanto o clone 2 recebeu nota 1 para todas as retrações analisadas, o que o levou a receber o menor subtotal. Quanto as propriedades mecânicas os subtotais variaram de 14 (clone 3) a 37 (clone 2), tendo sido influenciada pelos valores médios encontrados para densidade com elevada correlação de Pearson (Anexo 3), ressaltando que quanto maior a densidade maiores os valores das propriedades mecânicas.

Quanto à qualidade das toras, os subtotais ficaram entre 6 (clones 2 e 5) e 8 (clone 4) pontos e para a qualidade da madeira serrada os valores limítrofes

aumentaram quando comparados a Tabela 15, variando de 23 (clone 5) a 38 (clone 4) pontos. Observa-se que o elevado subtotal apresentado pelo clone 4 para a qualidade da madeira serrada ocorreu devido as notas máximas atribuídas para os rendimentos e também as notas do índice de rachadura de topo das tábuas verdes e secas.

Destaca-se que para a tabela de ponderação utilizando a análise estatística, a qualidade das toras teve alta influência sobre os valores médios encontrados para a qualidade da madeira serrada de acordo com elevada a correlação de Pearson (Anexo 3), em virtude do índice de rachadura de topo das toras influenciar diretamente o índice de rachadura de topo das tábuas, o que refletiu nos valores encontrados para o rendimento líquido (descontando as rachaduras).

A simulação de piso em serviço teve comportamento semelhante ao encontrado para as propriedades mecânicas, ou seja, com somatórios distantes para o clone 1 (21 pontos) e clone 2 (51 pontos). Destaca-se a elevada influência das densidade básica e das propriedades mecânicas (Anexo 3) sobre os ensaios realizados para piso, podendo-se afirmar que quanto maior a densidade e as propriedades mecânicas, melhores serão os valores encontrados para os ensaios de piso

Sendo assim, optou-se por fazer a tabela de ponderação da análise estatística e dos valores absolutos para se verificar se há diferenças entre o resultado final das duas. E para tanto concluiu-se que, de modo geral, as duas metodologias podem ser utilizadas para a classificação do melhor clone ou espécie, pois os somatórios finais apresentaram a mesma tendência, sendo distinguidos apenas pela maior ou menor proximidade entre o somatório dos clones.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos para os dois clones e três híbridos, tem-se que:

- Propriedades Físicas e Mecânicas

Os clones estudados apresentaram densidades dentro do padrão das espécies de *Eucalyptus*, sendo os clones 2 (*E. grandis*) e 4 (*E. urophylla*) responsáveis pelos maiores valores de densidade básica e aparente.

Todos os clones apresentaram baixos valores para o coeficiente de anisotropia, porém com elevadas retrações volumétricas.

Os clones 1 (*E. grandis* x *E. urophylla*) e 3 (*E. grandis* x *E. urophylla*) apresentaram os valores mais equilibrados quanto à retratibilidade, destacando-se para o uso em produtos de maior valor agregado.

Todos os clones apresentaram propriedades mecânicas compatíveis para uso estrutural.

Os clones 2 (*E. grandis*) e 4 (*E. urophylla*) destacaram-se positivamente em relação as propriedades mecânicas.

- Qualidade das toras

Os clones avaliados apresentaram elevada porcentagem de cerne, considerando a idade dos cinco clones.

Os índices de rachaduras de topo das toras foram de baixa intensidade para todos os clones.

O clone 1 (*E. grandis* x *E. urophylla*) obteve a maior porcentagem de cerne e também maior índice de rachadura de topo das toras.

- Qualidade da madeira serrada

Os defeitos de empenamentos foram considerados baixos para todos os clones, com exceção do encurvamento após a secagem ao ar livre, onde os clones obtiveram valores médios maiores do que os estabelecidos pela norma.

Após a secagem natural, os empenamentos aumentaram, porém se mantiveram baixos.

O índice de rachaduras não se alterou após a secagem das tábuas.

Os clones 1 (*E. grandis* x *E. urophylla*) e 2 (*E. urophylla*) obtiveram os menores valores médios para os empenamentos, porém os maiores índices de rachaduras de topo das tábuas.

Todos os clones apresentam potencial para serem utilizados como madeira serrada.

- Rendimento da madeira serrada

Os rendimentos da madeira serrada no estado verde ou seco e o rendimentos líquidos da madeira nas condições verde e seca apresentaram-se elevados e dentro dos padrões para o gênero *Eucalyptus*, sendo o clone 4 (*E. grandis*) responsável pelas maiores porcentagens.

- Simulação de piso em serviço

O clone 2 (*E. urophylla*) apresentou potencial para a fabricação de pisos de baixo trânsito.

- *Sunset laser*

Os cinco clones apresentaram baixa qualidade da superfície da madeira.

- Classificação do melhor clone

Todos os clones podem ser utilizados como madeira maciça.

O clone 2 (*E. urophylla*) apresentou as melhores características para a utilização como madeira maciça.

O clone 1 (*E. grandis* x *E. urophylla*) apresentou melhores resultados quanto a retratibilidade e empenamentos, sendo indicado para a fabricação de móveis e molduras.

A tabela de ponderação apresentou-se como uma boa ferramenta para a determinação do melhor clone.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Ajustar os parâmetros de corte para o aplainamento, de acordo com a densidade de cada clone e refazer o ensaio de qualidade de superfície pela técnica do *Sunset laser*.

Analisar as propriedades químicas e anatômicas de todos os clones para verificar a influência sobre os ensaios realizados no presente estudo.

Em função das boas características apresentadas pelos cinco clones em idade jovem, é conveniente testá-los em idades mais avançadas.

REFERÊNCIAS

ACOSTA, M. S. **Productos sólidos a partir de madera de eucaliptos cultivados**. Entre Rios: INTA, 2006. 15 p.

ACOSTA, M.S. Experiência argentina en la producción y utilización de la madera de eucalipto, Panorama a 1995. In: WORKSHOP: TECNICAS DE ABATE, PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV/DEF/SIF/ IEF, 1995. p.28-38.

ALVES, R. C.; OLIVEIRA, A. L. C.; CARRASCO, E. V. M. Propriedades Físicas da Madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, vol. 24, Abril, 2017.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *E. saligna*, e *E. grandis* x *E. urophylla***. 133 f. Tese (doutorado em Recursos Florestais), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2394-05**: simulated service testing of wood and wood-base finish flooring. West Conshohocken, 2011. 11 p. Annual Book of ASTM Standards.

ANJOS, R. A. M.; FONTE, A. P. N. Comparação da qualidade da madeira serrada de três espécies de *Eucalyptus*. **Ambiência**, Guarapuava, v. 13, n. 1, p. 151-165, 2017.

ANDRADE, A. Pisos de madeira: características de espécies brasileiras. – Piracicaba: ANPM, 184 p., 2015.

ANDRADE, A. C. de A. **Sunset laser na análise de defeitos em madeiras usinadas**. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. Melhoria Genética do Eucalipto. **Silvicultura do Eucalipto no Brasil**, ed. 1, p. 217-244, 2015.

ASSIS, T. F. Melhoria genética do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 185, p. 32-51, 1996.

ARANTES MDC. **Variação nas características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** 149 f. Tese (doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI. Madeira processada mecanicamente: estudo setorial. Curitiba, 2007. 42 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7190:** projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14806:** madeira serrada de eucalipto - Requisitos. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 11941:** madeira – determinação da densidade básica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA MACIÇA – ANPM. **Tipos de pisos.** Disponível em: < <http://www.anpm.org.br/?S=47&L=1>>. Acesso em: 15 de fevereiro 2019.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, R. J.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, out.-dez., 2010.

BASSET, G. Swelling, shrinking and fire resistance. **Asian Timber**, v.13, n.10, p.28-33, 1994.

BELTRAME, R.; SOUZA, J. T.; MACHADO, W. G.; VIVIAN, M. A.; BULIGON, E. A.; PAULESKI, D. T.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) em três estratos fitossociológicos. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 54-69, 2010.

BELTRAME, R.; PERES, M. L.; DELUCIS, R. A.; FREITAS, D. L.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Tensões de crescimento longitudinais e propriedades mecânicas da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.20, n.4, pp. 1061 – 1074, 2015.

BENIN, C. C.; WATZLAWICK, L. F.; HILLIG, E. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus benthamii* sob efeito do espaçamento de plantio. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1375-1384, out.-dez., 2017.

BENJAMIN, C. A. **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Corymbia (Eucalyptus) citriodora* e *Eucalyptus grandis***. 158 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2006.

BLACKWELL P, WALKER JCFL. Sawmilling. In: Walker JCF (ed), **Primary wood processing: principles and practice**. Berlin: Springer, p. 203-250. 2006.

BLANCO-FLÓREZ, J., SILVA, J. R. M DA, BRAGA, P. P. DE C., LIMA, J. T., TRUGILHO, P. F. Simulação em serviço de pisos de madeira jovem de *Tectona grandis*. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v.20, n.4, pp. 1048 – 1060, 2015

BRAZ, R. L.; MATOS, J. L. M. DE; ROCHA, M. P. DA; PRATA, J. G. Relação entre a deformação residual longitudinal com crescimento e propriedades da madeira de espécies de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 111, p. 629-640, 2016.

BROWNING, B. L. **The chemistry of wood**. New York: John Wiley, 689 p., 1963.

BULHÕES, O. C. A.; CERQUEIRA, C. C.; ALBENY, M. M. & JORDY FILHO, S. Do planejamento e critérios adotados pela CVRD para identificação de clones de *E. grandis* para serraria. In: **Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria**. São Paulo, 1995. p. 42-49.

BURGER, L. M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 154 p., 1991.

CADEMARTORI, P. H. G.; GATTO, D.A.; STANGERLIN, D.M.; MASTELLA, T.; VARGAS, J. F. ; SANTINI, E. J. Uso de herbicida na redução das tensões de crescimento na madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2015

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicada à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 23-51, 2003.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 53-65, 2005.

CARVALHO, J. D. V. **Utilização da madeira na construção civil**. Dossiê técnico. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB. Julho de 2007.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. 128p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2000.

CHAFE, S. C. Collapse, volumetric shrinkage, specific gravity and extratives in Eucalyptus and other species. **Wood Science and Technology**, v.21, n.1, p.27-41, 1987.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 555**: Maderas: método de ensayo de flexión estática. Caracas, 1973.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 461**: Maderas: método de determinación Del peso específico aparente. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 462**: Maderas: método de determinación de la contracción. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 463**: Maderas: método de determinación Del cizallamiento paralelo al grano. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 464**: Maderas: método de determinación de la compresión axil o paralela al grano. Caracas, 1972.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **COPANT 465**: Maderas: método de determinación de la dureza. Caracas, 1972

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CORADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. (Eds.) **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. cap. 5, p. 129-154.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 33-47, 2003.

CUNHA, A. B.; FRANÇA, M. C.; ALMEIDA, C. C. F.; GORSKI, L.; CRUZ, R. C.; SANTOS, D. Avaliação do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* e de *Eucalyptus grandis* por meio do desdobro tangencial e radial. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 241-250, 2015.

DUARTE, M. M.; TREVISAN, R.; SUSIN, F.; ZEN, L.R. VALERIUS, J. Drying curve and defects of *Eucalyptus sp.* wooden submitted to air drying. **Spanish Journal of Rural Development**, v. 6, p. 161-170, 2015.

ELEOTÉRIO, J. R.; REICHERT, D.; HORNBERG, K. F.; MENEGUELLI, I. Densidade e retratibilidade da madeira de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 45, n. 2, p. 329 - 336, abr. / jun. 2015.

ELEOTÉRIO, J. R.; HORNBERG, K. F.; REICHERT, D.; BAGATTOLI, T. R.; MENEGHELLI, I. Efeito da espécie e da condição de secagem na formação de defeitos na madeira serrada de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 101, p. 41-47, 2014.

EVANGELISTA W.V.; SILVA J.C.; LUCIA R.M.D.; LOBO L.M.; SOUZA M.O.A. Propriedades físico-mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no sentido radial e longitudinal. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 01, n. 02, p. 01-19, Novembro de 2010.

FERRAND, J. C. Growth stresses and silviculture of eucalypts. **Australian Forest Research**, v. 13, n. 1, p. 75-81. 1983.

FERRAZ FILHO, A. C.; CARVALHO, L. A. DE.; RIBEIRO, A.; GOMIDE, L. R.; SCOLFORO, J. R. S. Pruning of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* planted at low density in Southeastern Brazil. **African Journal of Agricultural Research**. vol. 11, n. 13, p. 1159-1163, 2016.

FERREIRA, M. Tipos de florestas, base genética e populações base em *Eucalyptus*. In: REUNIÃO TÉCNICA SOBRE POPULAÇÕES BASE EM *Eucalyptus*, Piracicaba, 1990. **Anais...** Piracicaba: IPEF, 1990, p.9-16.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004

FRANÇA, F. J. N. **Propriedades da madeira de eucalipto para a produção de madeira serrada**. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira**. São Paulo: Nobel, v.1, 112 p., 1985.

GITHIOMI, J. K.; DOUGAL, E. Analysis of heartwood – sapwood demarcation methods and variation of sapwood and heartwood within and between 15-year-old plantation grown *Eucalyptus regnans*. **International Journal of Applied Science and Technology**, v. 2, n. 8, p. 63 – 70, 2012.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. Zoneamento Ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. **Série Técnica PRODEPEF**, n. 11, p.1-66, 1978.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

HASELEIN, C. R.; BERGER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; TREVISAN, R.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HILLIS, W. E.; BROWN, A. G. (Eds.) **Eucalypts for wood production**. Melbourne: CSIRO, 1978.

HILLIS, W. E. **Heartwood and tree exudates**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 268 p

HORNBURG, K. F.; ELEOTÉRIO, J. R.; BAGATTOLI, T. R. E NICOLETTI, A. L. Qualidade das toras e da madeira serrada de seis espécies de eucalipto cultivadas no litoral de Santa Catarina. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 463-471, dez. 2012.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). Relatório 2017, 2017. Disponível em: <http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf>. Acesso em: 7 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Banco de dados de madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF). **Norma para a classificação de madeira serrada de folhosas**. Brasília, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mogi-guacu/panorama>> Acesso em: julho de 2017.

JANKOWSKY, I. P. **Madeira juvenil: Formação e aproveitamento industrial**. Circular técnica n. 81. Dezembro 1979.

JUÍZO, C. G. F.; ROCHA, M. P.; BILA, N. F. B. Avaliação do rendimento em madeira serrada de eucalipto para dois modelos de desdobro numa serraria portátil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 4, p. 543-550, 2014.

KOGA, M.E.T. Matérias-primas fibrosas. In: PHILIPP, P. & D'ALMEIDA, M.L.O. **Celulose e papel: tecnologia de fabricação da pasta celulósica**. IPT, São Paulo, 2ª ed., 1988. p. 15-44.

KOLLMANN; F: F: P; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood Science and technology**. Berlin, Springer Verlag, 1968, 592p

LARSON P. R. The physiological basis for wood specific gravity in conifers. In: **Proceedings**. IUFRO Division 5 Meeting; 1973; Stellenbosch. Stellenbosch: IUFRO; 1973. p. 672-680.

LATORRACA, J. V. de; DIAS JÚNIOR, A. F.; SILVA, G. C.; PACE, J. H. C.; CARVALHO, A. M. de. Anelamento e vaporização de toras visando otimização do

processo de secagem da madeira eucalipto. **Revista Brasileira Ciências Agrárias**. Recife, v.10, n.2, p.273-279, 2015.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LIMA I. L.; GARCIA J. N. Variação da densidade aparente e resistência a compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. **Árvore**, Viçosa, vol. 34, n. 3., p. 551 – 559, 2010.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007a

LIMA, J. T.; SARTÓRIO, R. C.; TRUGILHO, P. F.; CRUZ, C. R.; VIEIRA, R. S. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 75, p. 85-93, 2007.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-119, 2004

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; NOGUEIRA, M. C. S. Influência do desbaste nas tensões de crescimento de *E. grandis* Hill ex-Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 58 p. 111-125, 2000.

LOPES, C. S. D.; NOLASCO, A. M.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; PANSINI, A. Estudo da densidade básica e da variação dimensional da madeira de três espécies de eucalipto para a indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 315-322, abr./jun., 2011.

LOPES, M. C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Agrupamentos de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das caracterização tecnológicas da madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 133-144, 2004.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira.** 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

MAESTRI R.; SATORI R. C.; MATTOS J. L. M.; NUTTO L. Wood properties of fast grown plantation eucalypts in Brazil for high value timber production. In: **Proceedings... IUFRO Conference “The Economics and Management of High Productivity Plantation”**; 2004; Lugo. Lugo; 2004. p. 1-15

MALAN, F.A. *Eucalyptus* improvement for lumber production. In: SEMINARIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO 15 PARA SERRARIA, São Paulo, IPEF/IPT, **Anais ...**, São Paulo, IPEF/IPT, 05-06, abr., 1995. p.1-19.

MALAN, F. S. The control and-splitting in saw logs: A short literature review. **South African Forestry Journal**, Pretoria, n. 109, p. 14 – 8. 1979.

MARCHESAN, R. **Caracterização tecnológica da madeira de *Hovenia dulcis* Thunberg para fabricação de pisos.** 92 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

MARTINS, M., SILVA, J. R. M. DA, LIMA, J. T., GONÇALVES, M. T. T., FILIPE, A. P. Simulação em uso de pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*. **Cerne**, Lavras, v.19, n.1, pp. 151-156. 2013.

MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.** 48 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008

MARTINS, I. S.; MARTINS, R. C. C.; PINHO, D. S. Alternativas de índices de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 287-291, 2006.

MEDEIROS et al. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. **Nativa**, Sinop, v.4, n.6, p.403-407, nov./dez. 2016.

MIRANDA, M.J.A.C. **Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith no rendimento em madeira serrada, nas condições verde e seca**. 188p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1998.

MIRANDA, M. D. A.; NAHUIZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Florestalis**, Piracicaba n. 55, p. 107-116, 1999.

MIRANDA, M. C.; CASTELO, P. A. R.; MIRANDA, D. L. C. M.; RONDON, E. V. Propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Parkia gigantocarpa* Ducke. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 03, n. 02, p. 55-65, 2012.

MORALES, E. A. M.; MUNIS, R. A.; LIMA JR., M. P. DE; BIAZZON, J. C.; FÉ, A. D. DA; JORGE MARTINS, C.; SILVA, V. A. S.; ARAÚJO, A. T. DE. Caracterização físico-mecânica da madeira de *Eucalyptus grandis* de 10 anos em três alturas diferentes. **Anais...** II Congreso Latinoamericano de estructuras de madera II Congreso Ibero-Latinoamericano de la madera em la contrucción. Buenos Aires, 2017.

MOURA, L. F.; BRITO, J. O.; BORTOLETTO JÚNIOR, G. Efeitos da termorreificação na perda de massa e propriedades mecânicas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 305-314, 2012.

MOURA, V. P. G. **Provenance variation of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, in Brazil**. 304 f. Tese (Doutorado), Oxford University, Oxford, 1986.

MÜLLER, B.V. **Qualidade e produção de madeira serrada de eucaliptos resistentes a geada**. 112 f. Tese (doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

MÜLLER, B.V.; ROCHA, M.P.; KLITZKE, R.J.; SILVA, J.R.M. da; CUNHA, A.B. Produção de madeira serrada com cinco espécies de eucalipto resistentes à geada. **Adv. For. Sci.**, Cuiabá, v.4, n.4, p.195-201, 2017

MÜLLER, B.V., ROCHA, M.P., CUNHA, A.B., KLITZKE, R.J. E NICOLETTI M.F. Avaliação das Principais Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, vol. 21, n. 4, p. 535 – 524, 2014.

MÜLLER, B. V. **Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NOGUEIRA, M. C. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1991. 116 p

OLIVEIRA, M. B. **Avaliação da qualidade de pisos comerciais confeccionados com madeiras de *Bowdichia nitida* Benth (Spr.), *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella* Benth e *Tabebuia impetiginosa***. 57 f., Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

OLIVEIRA, M.B.; SILVA, J.R.M. da; ANDRADE, A. C. de A.; HEIN, P. R. G.; BRAGA JÚNIOR, R. A. Utilização da técnica *sunset laser* para qualificação superficial em pisos de madeira. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, Belo Horizonte, 2015. **Anais...** Belo Horizonte: CBCTEM, 2015.

OLIVEIRA, J.T.S.; SILVA, J.C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.381-385, 2003.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PADILHA, C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 71, p. 141-147, 2006.

PADILHA, C. **Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* sp para utilização em pisos**. 72 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PÁDUA, F.A.; TRUGILHO, P.F.; ROSADO, S.C.S.; LIMA, J.T.; JÚNIOR, A.A.C.; OLIVEIRA, A.C. Estimativa de parâmetros genéticos das tensões de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 66, p.152-160, 2004.

PANDEY, C. N.; GAUR, B. K.; KANNOJI, H. C.; CHANDRA, A. A new approach to seasoning of eucalypts hybrid (*Eucalyptus tereticornis*). **Indian Forester**, Dehra, v. 110, n. 3, p. 117-121, 1984.

PEREIRA, B. L. C.; OLIVEIRA, A. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; CARNEIRO, A. DE C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, L. C. Correlações entre a relação Cerne/Alburno da madeira de eucalipto, rendimento e propriedades do carvão vegetal. **Sci. For.**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 217-225, jun. 2013.

PONCE, R.H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: seminário internacional de utilização da madeira de eucalipto para serraria, Piracicaba, 1995. **Anais**. Piracicaba: IPEF/IPT/IUFRO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p.50-58

POUBEL, D. S.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. DE F.; CARVALHO, A. M. de. Estrutura anatômica e propriedades físicas da madeira de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 2, p. 117-126, 2011.

RABELO, G. F. **Avaliação da aplicação do “speckle” dinâmico no monitoramento da qualidade da laranja**. 149 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70- 83, 2002.

ROCHA, M. P. da. *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias. 186 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2000.

ROCHA, J. S. **A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas**. 141 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil**. 75 f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de eucalipto resultantes da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional**. 91f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

ROZAS MELLADO, E. C. E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado**. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

SANTOS, I. S., LIMA, J. T., SILVA, J.R.M. Avaliação dos pisos produzidos a partir de toras de clones de *Eucalyptus* sp. com pequenos diâmetros. **Cerne**, Lavras, v.16, n.4, pp. 473-478, out./dez. 2010.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 120129, 2004.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 63, p. 32-43, 2003.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para a utilização em serraria**. 108 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SEVERO, E. T. D.; TOMASELLI, I. Efeito da vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de duas procedências de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Agraria**, Marechal Cândido Rondon, v. 1, n. 1-2, p. 29-32, 2000.

SILVA, J. R. M.; MARTINS, M.; OLIVEIRA, G. M. V.; BRAGA, P. P. C. Parâmetros de qualidade da usinagem para a determinação dos diferentes usos da madeira de *Eucalyptus*. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 1, p. 75-83, jan./mar. 2009.

SILVA, M. R.; MORI, F. A.; RABELO, G. F.; BRAGA, R. A. Interação da luz *laser* para a avaliação da textura de madeiras nativas e de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex

Maiden laser light interaction for texture evaluation of native woods and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 167-175, 2005

SILVA, J. R. M.; LIMA, J. T.; BRAGA, P. P. C.; TRUGILHO, P. F. A utilização de rugosímetro na qualificação de superfícies usinadas em madeiras de *Eucalyptus* sp. Anais Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira (EBRAMEN), São Pedro, 2006.b

SILVA, D. A. da; TRUGILHO, P. F. Cerne e alburno utilizando-se a metodologia de análise de imagem submetida a diferentes temperaturas. **Cerne**, v.9, n.1, p.056-065, 2003.

SILVA J.C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, F. D.; BITTENCOURT, R. M. Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2002.

SIMPSON, W. T. **Dry kiln operator's manual.** Madison: U.S. Department of Agriculture, 1991. 274p

SIMULA, M. T.; TISSARI, J. T. Market Prospects for *Eucalyptus* Solid Wood Products in the European Commun Market. In: **1o Seminário Internacional sobre produtos Sólidos de Madeira de Alta Tecnologia e 1o encontro sobre Tecnologias Apropriadas de Desdobro, Secagem e utilização da Madeira de Eucalipto.** Belo Horizonte, 1998. p. 29-48.

STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J.; SUSIN, F.; MELO, R. R.; GATTO, D. A.; HASELEIN, C. R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**. Santa Maria, v.19, n.4, p.461-472, 2009.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da Madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 167-174, 2012.

SOUZA, M. O. A. DE; SILVA, J. DE C.; EVANGELISTA, W. V. Aplicação de acabamentos superficiais em madeira de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake visando ao uso na indústria moveleira. **Scientia Forestalis** Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 403-409, dez. 2011.

SORAGI, L. C. **Qualidade de superfícies usinadas em madeira de *Toona ciliata*** M. Roem. 61 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

STEELE, P.H. Factors determining lumber recovery in sawmilling. **USDA. Forest Service**. FPL general technical report, n.34, p.1-8, 1984.

SUSMEL, L. Density of *Eucalyptus rostrata* wood from the Agro. Pontino. Monti e Boschi v. 3, p. 75-78, 1952.

SUSMEL, L. The specific gravity of *Eucalyptus rostrata* Schlechth. **Wood from the Pontine Campagna**. Ital. Forest e Mont. v. 8, p. 222-227, 1954.

SUSMEL, L. Le pois spécifique du bois d'*Eucalyptus camaldulensis* par rapport a quelques facteurs relatifs a l'individu et au milieu. Intern. Union Forest Research Organizations, 11th Congr., Rome, p. 1065-1075, 1953.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E. acmenoides*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, p. 35-42, 1987.

TORRES, P. M. de A.; PAES, J. B.; NASCIMENTO, J. W. B. do; BRITO, F. M. S. Caracterização Físico-Mecânica da Madeira Jovem de *Eucalyptus camaldulensis* para Aplicação na Arquitetura Rural. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 23, n.1, p.109-117, 2016.

TSOUMIS, G. **Science and Technology of wood**. Structure, Properties, Utilization. Van Nostrand Reinhold. Nova Iorque, 1991.

TREVISAN, R.; DENARDI, L.; CARDOSO, G. V.; HASELEIM, C. R.; SANTINI, E. J. Variação axial do índice de rachaduras na base e no topo de toras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 97, p. 075-081, 2013.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos**. 554 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n.5, p. 725-731, 2004.

TURNBULL, J.; BROOKER, I. Timor mountain gum – *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. **CSIRO**, Melbourne, 1978 (Forest Trees Series 214).

VIDAURRE, G.; LOMBARDI, L. R.; OLIVEIRA, J. T. DA S.; ARANTES, M. D. C. Lenho Juvenil e Adulto e as Propriedades da Madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 18, n. 4, p. 469 – 480, 2011.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAES, W. W. C.; SOUZA, J. T.; SUSIN, F. Estimativa da resistência da madeira de *Eucalyptus grandis* por meio de onda ultrassônica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 109-113, 2012.

XAVIER, R. B. L. **Avaliação da dureza janka, densidade e estabilidade de quatro espécies de *Eucalyptus* implantadas no Estado do Rio de Janeiro**. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

ZEN, L. R. **MÉTODOS COMBINADOS DE SECAGEM DE MADEIRA: Pré-Secagem ao ar livre com secagem em estufa convencional de *Eucalyptus spp***”. 106p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

WALLIS, N. K. **Australian timber handbook**. Sydney, Angus & Robertson, 1970. 379 p.

**ANEXO 1 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS ENTRE ALGUNS
ENSAIOS REALIZADOS**

Correlação		R	R²
IRT tora	IRT tábua	0,9459	0,8947
Ensaio de endentação	Densidade básica	-0,8886	0,8365
Ensaio de endentação	Dureza Janka	-0,7925	0,6281
Ensaio de carga rolante	Densidade básica	-0,8282	0,7346
Ensaio de carga rolante	Dureza Janka	-0,8826	0,8024
Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	Densidade básica	-0,8356	0,7163
Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	Dureza Janka	-0,9678	0,9366
Atrito estático	<i>Sunset laser</i>	-0,6134	0,0468
Atrito dinâmico	<i>Sunset laser</i>	0,5527	0,3763

**ANEXO 2 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS UTILIZANDO
SOMATÓRIOS DA TABELA DE PONDERAÇÃO LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO
A ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Correlação		R	R²
Propriedades mecânicas	Densidade básica	0,8868	0,7863
Propriedades mecânicas	Qualidade das toras	0,5717	0,3268
Qualidade da madeira serrada	Propriedades físicas	-0,6814	0,4643
Simulação de piso em serviço	Propriedades físicas	0,8159	0,6657
Simulação de piso em serviço	Densidade básica	0,9237	0,8533
Simulação de piso em serviço	Propriedades mecânicas	0,9149	0,8370

**ANEXO 3 – CORRELAÇÕES DE PEARSON OBTIDAS UTILIZANDO
SOMATÓRIOS DA TABELA DE PONDERAÇÃO LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO
OS VALORES ABSOLUTOS**

Correlação		R	R²
Propriedades mecânicas	Densidade básica	0,8727	0,7612
Qualidade das toras	Qualidade da madeira serrada	0,8396	0,7049
Simulação de piso em serviço	Densidade básica	0,9833	0,9669
Simulação de piso em serviço	Propriedades mecânicas	0,8854	0,7839